TUGAS AKHIR - IS184853

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

OPTIMIZATION OF WASTE TRUCK ROUTE USING GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE METHOD

Novi Handayani
NRP 05211640000015

Dosen Pembimbing

Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – IS1848523

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

NOVI HANDAYANI
NRP 05211640000015

Dosen Pembimbing
Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT - IS1848523

OPTIMIZATION OF WASTE TRUCK ROUTE USING GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE METHOD

NOVI HANDAYANI
NRP 05211640000015

Supervisor
Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

INFORMATION SYSTEMS DEPARTMENT
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAHDENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas (ELECTICS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Novi Handayani
05211640000015

Surabaya, 14 Agustus 2020

Kepala Departemen Sistem Informasi

Dr. Muljahidin, ST., MT.
NIP. 197010102003121001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NOVI HANDAYANI

NRP. 05211640000015

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 15 juli 2020
Periode Wisuda : September 2020

Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D. **(Pembimbing I)**

Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T **(Penguji I)**

Raras Tyasnurita, S.Kom., M.BA., Ph.D **(Penguji II)**

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

Nama	: NOVI HANDAYANI
NRP	: 0521 16 4000 0015
Departemen	: SISTEM INFORMASI FTEIC-ITS
Dosen Pembimbing	: Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Sampah sudah menjadi masalah umum yang belum terselesaikan sampai saat ini. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan berdampak buruk pada lingkungan baik di darat maupun di laut. Permasalahan sampah hampir terjadi di seluruh kabupaten atau kota di Indonesia. Kabupaten Mojokerto adalah salah satu kabupaten yang mengalami permasalahan sampah. Permasalahan yang terjadi mengenai pengangkutan sampah yaitu terdapat panggilan dari pelanggan untuk pengangkutan sampah karena TPS yang sudah penuh di luar jadwal. Hal ini berdampak pada penambahan biaya operasional dan menurunnya kepuasan pelanggan. Selain itu permasalahan yang terjadi adalah terdapat sopir truk yang mendapat rute dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibanding sopir yang lain. Hal ini menyebabkan menurunnya kepuasan sopir truk. Berdasarkan kondisi tersebut manajemen pengelolaan sampah yang efisien diperlukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto agar dapat meningkatkan pelayanan kepada masyarakat.

Salah satu caranya adalah melalui optimasi rute truk pengangkut sampah. Optimasi bertujuan untuk menyeimbangkan jarak tempuh antar armada yang dihitung dengan standar deviasi untuk meningkatkan kepuasan sopir truk. Tujuan tugas akhir ini adalah memodelkan permasalahan optimasi rute truk pengangkut sampah sebagai Capacitated

Vehicle Routing Problem (CVRP) kemudian menyelesaikan permasalahan tersebut dengan pendekatan hyper heuristic. Penelitian sebelumnya mengenai CVRP, khususnya untuk studi optimasi rute armada pengangkut sampah diselesaikan menggunakan algoritma backtracking search algorithm, particle swarm optimization, genetika, ant colony optimization dan greedy randomized adaptive search procedure.

Pada tugas akhir ini menggunakan algoritma greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute truk pengangkut sampah dengan pendekatan hyper heuristic. Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah berhasil meminimalkan selisih total jarak tempuh antar armada dengan melakukan penurunan nilai fairness yang diukur dengan standar deviasi sebesar 23,12% dari 87,361 menjadi 67,156.

Kata Kunci: ***optimasi, pengangkutan sampah, GRASP***

OPTIMIZATION OF WASTE TRUCK ROUTE USING GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE METHOD

Name : NOVI HANDAYANI
NRP : 0521 16 4000 0015
Department : SISTEM INFORMASI FTEIC-ITS
Supervisor : Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Waste has become a common problem that has not been resolved to date. Waste that is not managed properly will have a negative impact on the environment both on land and at sea. Waste problems occur in almost all regencies or cities in Indonesia. Mojokerto Regency is one of the districts that experiences waste problems. The problem that occurs regarding the transportation of waste is that there are calls from customers to transport waste because the TPS is already full out of schedule. This has an impact on adding operational costs and decreasing customer satisfaction. In addition, the problem that occurs is that there is a truck driver who gets the route with a longer distance than the other drivers. This causes a decrease in truck driver satisfaction. Based on these conditions an efficient waste management is needed by the Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto to improve services.

One way is through optimization of the waste collection route. Optimization aims to balance the distance between trucks calculated with standard deviations to improve truck drivers satisfaction. The purpose of this final project is to model the optimization problem of the garbage truck route as a Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) and then solve the problem with a hyper heuristic approach. Previous research on CVRP, especially for the optimization study of garbage

transport fleet routes was completed using backtracking search algorithm, particle swarm optimization, genetics, ant colony optimization and greedy randomized adaptive search procedure.

In this final project uses the greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) algorithm to solve the problem of optimizing the garbage truck route optimization with a hyper heuristic approach. The results obtained from this thesis is successfully minimizing the difference in total distance between fleets by decreasing the fairness value measured by a standard deviation of 23.12% from 87.361 to 67.156.

Keywords: optimization, waste collection, GRASP

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama	: Novi Handayani
NRP	: 05211640000015
Tempat / Tanggal lahir	: Cilacap / 05 November 1998
Fakultas / Departemen	: FTEIC / Sistem Informasi
Nomor Telp / Hp	: 089514640305
Email	: handayani.novi05@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian/makalah/tugas akhir saya yang berjudul:

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE

Bebas Dari Plagiarisme Dan Bukan Hasil Karya Orang Lain.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian penelitian/makalah/tugas akhir tersebut terdapat indikasi plagiarisme, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan ketentuan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilacap, 08 Agustus 2020

METERAI TEMPEL

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Novi Handayani

NRP.05211640000015

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberi rahmat dan pertolongan-Nya kepada penulis. Sebab karena rahmat dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini. Penulis juga bersyukur pada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan selama pengerjaan buku tugas akhir ini yang berjudul **"OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURE"**.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih pada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik berbentuk bimbingan, arahan, dukungan, dan semangat, yaitu kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelasaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan saudara penulis yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
3. Dosen Pembimbing, Bapak Akhmad Mukhlason yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Imroatus Sholichah selaku temen berjuang dalam mengumpulkan data tugas akhir ini.
5. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto yang telah melayani kami dengan baik dalam pengumpulan data tugas akhir ini.
6. Temen-temen lab RDIB dan ARTEMIS yang saling memberi semangat dan dukungan dala menyelesaikan tugas akhir ini.

Pembuatan buku tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis menampung semua saran dan kritikan untuk perbaikan pada penelitian yang selanjutnya.

Surabaya, Juni 2020
Penulis,

Novi Handayani

DAFTAR ISI

ABSTRAK xi
ABSTRACT xiii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLGIARISME.....xv
KATA PENGANTAR xvii
DAFTAR ISI xix
DAFTAR GAMBAR xxiii
DAFTAR TABEL.....xxv
BAB I PENDAHULUAN 27
1.1 Latar Belakang.....27
1.2 Rumusan Masalah.....30
1.3 Batasan Masalah 30
1.4 Tujuan Penelitian 31
1.5 Manfaat Penelitian 31
1.6 Relevansi 32
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 33
2.1 Penelitian Sebelumnya 33
2.2 Dasar Teori 35
2.2.1 Pola Pengangkutan Sampah 36
2.2.2 Optimasi.....37
2.2.3 Vehicle Routing Problem (VRP).....37
2.2.4 Capacitated vehicle routing problem (CVRP).38
2.2.5 Greedy Randomized Adaptive Search (GRASP) 41
2.2.6 Hyper-heuristik.....42
BAB III METODOLOGI 43
3.1 Diagram Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir.....43
3.2 Uraian Metodologi 44
3.2.1 Mengidentifikasi Masalah.....44

3.2.2 Melakukan Studi Literatur 44
3.2.3 Mengumpulkan data 44
3.2.4 Menyusun Model Matematis.....45
3.2.5 Melakukan Implementasi Algoritma GRASP .46
3.2.6 Melakukan Uji Coba Hasil Implementasi 46
3.2.7 Evaluasi.....46
3.2.8 Menyusun Laporan Tugas Akhir.....46
BAB IV PERANCANGAN 47
4.1 Pengumpulan Data 47
4.1.1 Lokasi Tempat Pembuangan Sampah (TPS)...47
4.1.2 Jarak antara Tempat Pembuangan Sampah (TPS) dan Tempat Pengolahan Akhir (TPA) 47
4.1.3 Volume Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Perminggu 50
4.1.4 Jadwal Pengangkutan Sampah 51
4.2 Model Matematis 53
4.2.1 TPS 53
4.2.2 Jarak.....53
4.2.3 Armada 53
4.2.4 Variabel Keputusan 53
4.2.5 Fungsi Tujuan.....54
4.2.6 Batasan.....54
4.3 Perancangan Algoritma Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP).....56
4.3.1 Fase Kontruksi 56
4.3.2 Pencarian Lokal.....57
4.3.3 Prosedur GRASP 58
4.4 Menghitung Nilai Fairness 59
4.5 Perancangan Skenario Uji Coba Program 59
4.6 Ringkasan 60
BAB V IMPLEMENTASI.....61
5.1 Masukan data.....61
5.2 Fase Kontruksi 62
5.3 Pencarian Lokal 64

5.4 Prosedur GRASP 64
5.5 Menghitung Nilai Fairness 65
5.6 Keluaran data 65
5.7 Ringkasan 65
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....67
6.1 Lingkungan Uji Coba 67
6.2 Uji coba program pencarian rute.....68
6.2.1 Uji coba program skenario 1 68
6.2.2 Uji coba program skenario 2 72
6.2.3 Perbandingan Hasil Optimasi Skenario 1 dan Skenario 2 76
6.3 Perbandingan Hasil Program Algoritma GRASP ...76
6.3.1 Perbandingan Dengan Hill Climbing.....76
6.3.2 Perbandingan Dengan Rute Saat Ini 78
6.4 Hasil Rekomendasi Rute Baru.....80
6.5 Ringkasan 83
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 85
7.1 Kesimpulan.....85
7.2 Saran.....85
DAFTAR PUSTAKA 87
BIODATA PENULIS 89
LAMPIRAN A: 91
LAMPIRAN B:.....94
LAMPIRAN C:.....98
LAMPIRAN D: 101
LAMPIRAN E:.....106
LAMPIRAN F: 109
LAMPIRAN G 112

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Relevansi Tugas Akhir dengan Bidang Keilmuan Lab. RDIB 32
Gambar 3. 1 Medologi Penelitian 43
Gambar 4. 1 Pseudocode Fase Kontruksi 56
Gambar 4. 2 Pseudocode Pencarian Lokal 57
Gambar 4. 3 Pseudocode Prosedur GRASP 58
Gambar 6. 1 Diagram Uji Coba Skenario 1.....70
Gambar 6. 2 Diagram Uji Coba Perbandingan Parameter.....71
Gambar 6. 3 Diagram Uji Coba Skenario 2.....73
Gambar 6. 4 Diagram Uji Coba Parameter Sebelum Diiterasi 74
Gambar 6. 5 Diagram Uji Coba Perbandingan Parameter.....75
Gambar 6. 6 Perbandingan Algoritma GRAPS dan HC 78

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya 1.....33
Tabel 2. 2 Penelitian Sebelumnya 2.....34
Tabel 2. 3 Penelitan Sebelumnya 3.....35
Tabel 4. 1 Lokasi Tempat Pembuangan Sampah ……..47
Tabel 4. 2 Jarak Antar TPS Dump Truck.....49
Tabel 4. 3 Jarak antara TPS armroll dengan TPA 50
Tabel 4. 4 Rata-rata volume TPS per minggu 51
Tabel 4. 5 Rata-rata volume TPS per minggu 52
Tabel 4. 6 Parameter Pada GRASP.....58
Tabel 4. 7 Sekenario Alpha 59
Tabel 4. 8 Skenario Jumlah Iterasi.....60
Tabel 6. 1 Lingkungan Uji Coba Perangkat Keras ……..67
Tabel 6. 2 Lingkungan Uji Coba Perangkat Lunak 67
Tabel 6. 3 Uji Coba Skenario 1 68
Tabel 6. 4 Uji Coba Skenario 2 72
Tabel 6. 5 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2 76
Tabel 6. 6 Perbandingan Algoritma GRAPS dengan Hill Climbing.....77
Tabel 6. 7 Perbandingan Total Jarak Tempuh Rute Sebelum dengan Sesudah dioptimasi 79
Tabel 6. 8 Rekomendasi Rute Baru 80

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini meliputi meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, dan manfaat kegiatan tugas akhir. Perincian dari bab ini, diharapkan dapat memberikan gambaran umum pada pembaca mengenai permasalahan yang akan diselesaikan.

1.1 Latar Belakang

Sampah telah menjadi permasalahan yang umum di Indonesia, namun masih belum terselesaikan sampai saat ini. Peningkatkan jumlah sampah akan berdampak buruk pada lingkungan baik di darat maupun di laut. Data yang pernah dipublikasikan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan jumlah rata-rata produksi sampah di Indonesia mencapai 175.000 ton per hari atau setara dengan 64 juta ton per tahun [1]. Studi yang dikeluarkan oleh McKinsey and Co dan Ocean Conservancy menyatakan Indonesia sebagai negara penghasil sampah plastik nomor dua di dunia setelah Tiongkok [1].

Peningkatan produksi sampah di kota atau kabupaten di Indonesia disebabkan oleh meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk, jenis sampah semakin beragam karena pola konsumsi masyarakat yang beragam, sistem dan infrastruktur pengelolahan sampah belum memadai. Kabupaten Mojokerto adalah salah satu Kabupaten di Indonesia yang infrastruktur pengelolahan sampah belum memadai. Kabupaten Mojokerto hanya memiliki satu TPA untuk 18 kecamatan yang terdiri dari 299 desa [2] [3]. Kabupaten Mojokerto memiliki luas wilayah 969,360 km dengan jumlah penduduk sebesar 1 juta jiwa. Kabupaten Mojokerto sendiri hanya memiliki 1 TPA untuk melayani 81 TPS dengan jumlah truk pengangkut sampah

sebanyak 12. Jumlah truk terbilang minim karena harus melayani 81 TPS dengan jarak antar TPS dan TPA yang jauh [4]. Selain itu kendala yang dialami [4]. Kondisi tersebut membuat Kabupaten Mojokerto harus meningkatkan pengengolaan sampah dengan baik.

Salah satu proses pengolaan sampah adalah pengangkutan dan pengumpulan sampah. Pengangkutan dan pengumpulan sampah di Kabupaten Mojokerto terdapat dua jenis menggunakan dump truk dan arm roll. Pengangkutan sampah menggunakan dump truk dimulai dari TPA ke TPS-TPS hingga penuh kemudian kembali ke TPA [4]. Pengangkutan sampah menggunakan truk arm roll dimulai dari TPA membawa kontainer kosong ke TPS untuk mengganti dengan kontainer yang penuh kemudian kembali ke TPA lagi dan demikian seterusnya hingga TPS terakhir [4].

Pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto sendiri mengalami beberapa permasalahan. Salah satunya adalah terdapat panggilan dari pelanggan untuk pengangkutan sampah karena TPS yang sudah penuh di luar jadwal [4]. Hal ini berdampak pada penambahan biaya operasional dan menurunnya kepuasan pelanggan. Selain itu permasalahan yang terjadi adalah terdapat sopir truk yang mendapat rute dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibanding sopir yang lain. Hal ini menyebabkan menurunnya kepuasan sopir truk [4].

Pada permasalahan panggilan mendadak dari pelanggan akibat TPS yang sudah penuh dapat diselesaikan dengan cara menentukan rute dengan memperhatikan kendala kapasitas. Dengan memperhatikan volume sampah per TPS dan kapasitas kendaraan, dapat melakukan pengurangan terhadap TPS-TPS yang dikunjungi pada rute yang tidak diperlukan sehingga dapat menghemat biaya operasional atau dapat melakukan penambahan terhadap TPS-TPS yang dikunjungi pada rute yang seharusnya ditambahkan sehingga dapat meningkatkan

kepuasan pelanggan. Selain itu pada permasalahan terdapat sopir truk yang mendapat rute dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibanding sopir yang lain, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah meminimalkan selisih jarah tempuh dari masing-masing rute truk pengangkut sampah sehingga meningkatkan kepuasan sopir truk.

Permasalahan menentukan rute optimal dengan memperhatikan kendala kapasitas dari masing-masing truk pengangkut sampah yang beroperasi dapat diselesaikan dengan menerapkan penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP didefinisikan sebagai masalah dalam menentukan rute optimal yang akan digunakan oleh kendaraan mulai dari satu atau lebih depot untuk melayani semua permintaan pelanggan, dengan memperhatikan kendala kapasitas. Tujuannya dapat meminimalkan biaya perjalanan, waktu perjalanan, atau jumlah kendaraan tergantung pada tujuan masalah [5]. Pada CVRP yang diterapkan pada tugas akhir ini adalah CVRP single depot dengan rute yang tertutup karena hanya memiliki satu TPA dengan tempat berangkat dan pulang berada di TPA.

Penyelesaian CVRP dapat mengunakan algoritma untuk mendapatkan rute yang efisien. Algoritma yang telah digunakan dalam penelitaian sebelumnya untuk menyelesaikan menyelesaikan CVRP, khusunya untuk pengangkutan sampah meliputi backtracking search algorithm [6], particle swarm optimization [7], genetika [5], ant colony optimization[8] dan greedy randomized adaptive search procedure [5]. Pada penyelesaian tugas akhir ini menggunakan algoritma Greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute truk pengangkut sampah dengan pendekatan hyper heuristic. Pada penelitian sebelumnya Greedy randomized adaptive search procedure to design waste collection routes in La Palma oleh Airam Expósito-Márquez menghasilkan pengurangan rute dari 13 menjadi 10, pengurangan jumlah kontainer dari 1215 menjadi

788, pengurangan waktu kerja per hari dari 9,915 jam menjadi 6,5 jam serta penambahan muatan kontainer dari 61,11% menjadi 78,99%. Dalam hal ini membuktikan algoritma Greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) menghasilkan solusi yang efisien.

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah menghasilkan rute truk pengangkut sampah yang optimal. Hasil rute yang optimal berupa meminimalkan jarak tempuh pada dump truk dan meminimalkan selisih jarak tempuh antara amroll. Hasil rute yang telah dioptimasi diharapkan menjadi rekomendasi rute alternatif pengangkutan sampah bagi Dinas Lingkungan Hidup Mojokerto.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini berdasarkan latar belakang masalah diatas:

1) Bagaimana model matematis untuk permasalahan optimasi rute truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto?
2) Bagaimana penerapan algoritma *greedy randomized adaptive search procedure (GRASP)* pada permasalahan menyeimbangkan jarak tempuh antar truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto?
3) Bagaimana perbandingan rute truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto setelah dioptimasi dengan rute yang sudah ada?

1.3 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah tugas akhir ini:

1) Rute Studi kasus optimasi rute truk pengangkut sampah berada di wilayah Kabupaten Mojokerto
2) Data yang digunakan berasal dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto meliputi titik TPS dan

TPA, armada, kapasitas truk, berat sampah dan rute truk pengangkut sampah.

3) Armada pengangkut sampah yang dimodelkan pada tugas akhir ini adalah dump truk dan amroll.
4) Data jarak tempuh antar TPS dan TPA berasal dari google maps.
5) Algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalah optimasi truk pengangkut sampah adalah *greedy randomized adaptive search procedure (GRASP)*.
6) Tools yang digunakan dalam implementasi algoritma menggunakan NetBeans IDE 8.2
7) Rute kendaraan yang dibuat untuk jangka waktu seminggu

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan dari tugas akhir ini:

1) Memodelkan secara matematis untuk permasalahan optimasi truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto.
2) Menerapkan algoritma *greedy randomized adaptive search procedure (GRASP)* pada permasalahan menyeimbangkan jarak tempuh antar truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto.
3) Menghasilkan rute truk pengangkut sampah di Kabupaten Mojokerto yang lebih efisien dibandingkan rute yang sudah ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini manfaat penelitian dari tugas akhir ini:

1. Manfaat secara teoritis

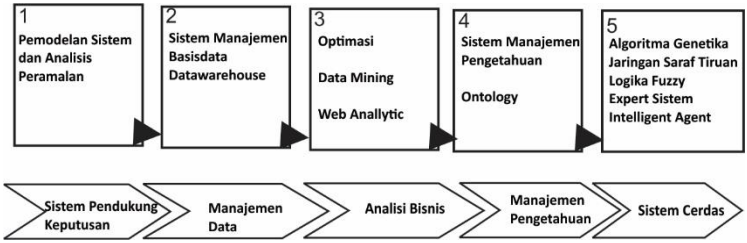
- Memberikan gambaran umum bagi penelitian selanjutnya mengenai permasalahan optimasi truk pengangkut sampah.
- Menjadi referensi penerapan algoritma *greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) pada studi kasus vehicle Routing Problem (VRP).*

2. Manfaat praktis

- Penelitian ini diharapkan memberikan rekomendasi rute truk pengangkut sampah yang lebih efisien kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto.
- Penelitian ini diharapkan membantu Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto untuk mengurangi biaya pengangkutan sampah.

1.6 Relevansi

Penelitian pada tugas akhir ini mengangkat topik optimasi. Keterkaitan topik yang diambil dengan disiplin ilmu di departemen sistem informasi adalah terdapat dalam mata kuliah optimasi kombinatorik dan heuristic. Topik tersebut juga terdapat dalam *roadmap* penelitian di Laboratorium Rekayasa Data dan Intelengensi Bisnis pada sub-topik analisis bisnis yaitu optimasi. Roadmap tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Relevansi Tugas Akhir dengan Bidang Keilmuan Lab. RDIB

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan dasar teori dan penelitian sebelumnya yang berguna dalam penyelesaian permasalahan pada tugas akhir ini Dimana permasalahan tersebut telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dasar teori dan penelitian sebelumnya di bab ini sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berikt ini adalah penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tugas akhir ini yang tercantum pada tabel 2.1, tabel 2.2 dan tabel 2.3.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya 1

Judul Paper	*Optimasi rute truk pengangkut sampah dengan menggunakan metode greedy randomized adaptive search procedure*
Penulis ; tahun	Airam Expósito-Márquez, Christopher Expósito-Izquierdo, Julio Brito-Santana dan J. Andrés Moreno-Pérez;2019
Deskripsi umum penelitian	Penelitian ini menganalisis penggunaan metaheuristik dalam peningkatan desain rute pengumpulan sampah organik di pulau La Palma (Kepulauan Canary, Spanyol). Algoritma yang dipakai adalah *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)* untuk mendapatkan solusi yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Penelitian ini memprioritaskan pengumpulan sampah di kontainer -kontainer dengan tingkat pengisian tertinggi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan jumlah sampah yang dapat didaur ulang. Selain itu, estimasi tingkat pengisian kontainer berdasarkan analisis data historis juga dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam pendekatan solusi. Penelitian ini

	menghasilkan pengurangan rute dari 13 menjadi 10, pengurangan jumlah kontainer dari 1215 menjadi 788, pengurangan waktu kerja per hari dari 9,915 jam menjadi 6,5 jam serta penambahan muatan kontainer dari 61,11% menjadi 78,99% [8].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini menggunakan algoritma *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)*. Algoritma tersebut sama dengan yang digunakan pada tugas akhir ini. Penerapan algoritma di penelitian ini akan menjadi acuan bagi tugas akhir ini.

Tabel 2. 2 Penelitian Sebelumnya 2

Judul Paper	*Backtracking Search Algorithm in CVRP Models For Efficient Solid Waste Collection And Route Optimization*
Penulis ; tahun	Mahmuda Akhtar, M.A. Hannan, R.A. Begum, Hassan Basri dan Edgar Scavino; 2017
Deskripsi umum penelitian	Penelitian ini mengangkat masalah pengangkutan sampah. Fungsi objektif dari penelitian ini adalah meminimalkan jumlah jarak rute pengumpulan sampah. Peneltian ini menyajikan *Algoritma Backtracking Search Algorithm (BSA)* yang dimodifikasi dalam model *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dengan konsep *smart bin* untuk menemukan solusi rute pengumpulan sampah yang paling optimal. Studi ini memperkenalkan konsep ambang tingkat limbah (TWL) dari tempat sampah untuk mengurangi jumlah tempat sampah yang akan dikosongkan dengan menemukan kisaran optimal, sehingga meminimalkan jarak. Hasil yang diperoleh menunjukkan pengurangan jarak sebesar

	36,80%, mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 50%, biaya bahan bakar sebesar 47,7% dan emisi CO2 sebesar 44,68% [6].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memiliki masalah yang sama dengan tugas akhir yang akan dikerjakan. Selain itu penelitian ini juga memiliki tujuan yang sama dengan tugas akhir yaitu meminimalkan jumlah jarak rute pengumpulan sampah

Tabel 2. 3 Penelitan Sebelumnya 3

Judul Paper	Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm
Penulis ; tahun	M.A. Hannan, Mahmuda Akhtar, R.A. Begum, H. Basri, A. Hussain dan Edgar Scavino.; 2018
Deskripsi umum penelitian	Penelitian ini mengambil permasalah pengangangkutan sampah. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan rute yang optimal. Penelitian ini mengusulkan algoritma modifikasi *Particle Swarm Optimizatio (PSO)* dalam model *Capacitated Vehicle-Routing Problem (CVRP)* untuk menentukan pengumpulan limbah terbaik dan solusi optimasi rute [7].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memiliki topik permasalahan yang sama dengan tugas akhir yang akan dikerjakan. Selain itu penelitian ini juga memiliki tujuan yang sama dengan tugas akhir yaitu menghasilkan rute yang optimal

2.2 Dasar Teori

Pada sub bab ini berisi dasar teori. Dasar teori ini berguna sebagai acuan pengerjaan tugas akhir

2.2.1 Pola Pengangkutan Sampah

Pada pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan dua metode yaitu HCS dan SCS.

1. Hauled Container System

Pengumpulan sampah dengan sistem kontainer angkat, pola pengangkutan yang digunakan dengan sistem pengosongan kontainer [9]. Truk yang digunakan berjenis arm roll.

Berikut ini proses pengangkutannya:

- Kendaraan dari poll dengan membawa kontainer kosong menuju lokasi kontainer isi untuk mengganti atau mengambil dan langsung membawanya ke TPA.
- Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju kontainer isi berikutnya.
- Demikian seterusnya sampai rit terakhir

2. Stationar Container System

Sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap). Sistem ini biasanya digunakan untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa dump truk secara mekanis atau manual [9].

Berikut ini pola pengangkutan:

- Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan kedalam truk kompaktor dan meletakkan kembali kontainer yang kosong.
- Kendaraan menuju kontainer berikutnya sampai truk penuh untuk kemudian menuju TPA.
- Demikian seterusnya sampai rit terakhir.

2.2.2 Optimasi

Optimasi adalah suatu cara untuk menentukan solusi terbaik diantara semua solusi yang ada. Tugas pengoptimalan adalah membuat model dari permasalahan yang ingin diselesaikan beserta fungsi tujuan. Selanjutnya, menggunakan algoritma pencarian untuk meminimalkan atau memaksimalkan fungsi tujuan [10].

2.2.3 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat didefinisikan sebagai masalah dalam menemukan rute pengiriman atau pengumpulan yang optimal dari satu atau beberapa depot ke sejumlah kota atau pelanggan, sambil memuaskan beberapa kendala. Pengumpulan limbah rumah tangga, truk pengangkut bensin, distribusi barang, penggulung salju, dan pengiriman surat adalah aplikasi VRP yang paling banyak digunakan [11].

VRP memainkan peran penting dalam distribusi dan logistik. Upaya penelitian besar telah dikhususkan untuk mempelajari VRP sejak 1959 di mana Dantzig dan Ramser telah menggambarkan masalah tersebut sebagai masalah umum dari Traveling Salesman Problem (TPS) [11].

Formulasi VRP:

Misalkan G = (V, A) menjadi grafik dimana V himpunan simpul mewakili pelanggan. Satu simpul mewakili depot dengan armada kendaraan K. biaya perjalanan dari pelanggan i ke j cij.

Variabel Keputusan:

$X_{ij=}$ 1, jika pengunjung i ke j dikunjungi

0, selainnya.

Fungsi tujuan:

Meminimalkan biaya operasional:

$$\sum_{i}\sum_{j} X_{ij}C_{ij}$$

Batasan:

1. Tepat satu kendaraan yang keluar dan masuk lokasi

$$\sum_{i} X_{ij} = 1, \quad \forall \mathrm{i} \in \mathrm{V}$$

$$\sum_{j} X_{ij} = 1, \quad \forall \mathrm{i} \in \mathrm{V}$$

2. Terdapat K kendaraan yang keluar masuk depot

$$\sum_{i} X_{i0} = K$$

$$\sum_{j} X_{0j} = K$$

2.2.4 Capacitated vehicle routing problem (CVRP)

Gagasan utama dari masalah perutean kendaraan (VRP) adalah untuk menentukan rute kendaraan yang optimal mulai dari depot, melayani semua permintaan pelanggan, dan kembali ke depot. Kebanyakan VRP mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Oleh karena itu generalisasi VRP disebut VRP kapasititasi (CVRP). CVRP didefinisikan sebagai masalah dalam menentukan rute optimal untuk digunakan oleh kendaraan mulai dari satu atau lebih depot untuk melayani semua permintaan pelanggan dengan mempertimbangkan kendala kapasitas [5].
Formulasi Model [5]:

- Grafik lengkap G = (V, E), di mana V = {0, 1, ..., n} adalah himpunan simpul dan E adalah himpunan tepi.
- Verteks i = 1, 2, …, n sesuai dengan pelanggan. Vertex 0 sesuai dengan depot dan n adalah jumlah pelanggan.
- Setiap pelanggan saya memiliki permintaan non-negatif yang harus dikirim ke depot.
- Seperangkat kendaraan H = {1, 2, ..., h}, di mana setiap kendaraan memiliki kapasitas C, tersedia di depot dan harus kembali ke depot setelah menyelesaikan pengirimannya.
- Cij biaya non-negatif dikaitkan dengan setiap sisi (i, j) ∈ E dan mewakili jarak dari simpul i ke simpul j untuk semua i ≠ j

Variabel Keputusan:

X_{ijk} =1, jika kendaraan k melewati pelanggan i kemudian pelanggan j

0, selainnya.

Y_{ik}=1, jika pelanggan I dikunjungi kendaraan k

0, selainnya

Fungsi Tujuan :

Meminimalkan biaya

$$\sum_{k=1}^{h}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} C_{ij}\, X_{ijk}$$

Batasan :

1. Jumlah kendaraan yang berangkat dan tiba di depo adalah sama

$$\sum_{i=0}^{n} X_{i0k} - \sum_{j=0}^{n} X_{0jk} = 0, \quad \forall \mathrm{k} = 1,2, \ldots\ldots, h$$

2. Pelanggan tepat sekali dikunjungi

$$\sum_{i=0}^{n} \sum_{k=1}^{h} X_{ijk} = 1, \qquad \forall \mathrm{j} = 1,2 \ldots\ldots, n$$

$$\sum_{j=0}^{n} \sum_{k=1}^{h} X_{ijk} = 1, \qquad \forall \mathrm{i} = 1,2 \ldots\ldots, n$$

3. Banyak kendaraan yang boleh digunakan

$$\sum_{j=1}^{n} X_{0jk} \leq 1, \qquad \forall \mathrm{k} = 1,2, \ldots\ldots, h$$

4.Menyatakan hubungan antara dua variable keputusan

$$\sum_{i=0}^{n} X_{ijk} = Y_{jk}\,, \qquad \forall \mathrm{j} = 1,2 \ldots\ldots, n; \forall \mathrm{k} = 1,2, \ldots\ldots, h$$

$$\sum_{j=0}^{n} X_{ijk} = Y_{ik}\,, \qquad \forall \mathrm{i} = 1,2 \ldots\ldots, n; \forall \mathrm{k} = 1,2, \ldots\ldots, h$$

5. Menjamin kapasitas kendaraan tidak melebihi

$$\sum_{i=1}^{n} d_i Y_{ik} \leq C, \qquad \forall \mathrm{k} = 1,2, \ldots\ldots, h$$

2.2.5 Greedy Randomized Adaptive Search (GRASP)

GRASP adalah metaheuristik multi-mulai untuk masalah optimisasi kombinatorial, di mana setiap iterasi pada dasarnya terdiri dari dua fase: konstruksi dan pencarian lokal. Fase konstruksi membangun solusi yang layak, yang lingkungannya diselidiki sampai minimum lokal ditemukan selama fase pencarian lokal. Solusi keseluruhan terbaik disimpan sebagai hasilnya [12].

Karakteristik GRASP yang sangat menarik adalah kemudahan untuk mengimplementasikannya. Beberapa parameter perlu diatur dan disetel. Oleh karena itu, pengembangan dapat fokus pada penerapan struktur data yang sesuai untuk konstruksi yang efisien dan algoritma pencarian lokal. GRASP memiliki dua parameter utama yaitu kriteria pemberhentian dan penentuan *Restricted Candidate List* atau *RCL*. Kriteria pemberhentian adalah jumlah maksimal iterasi yang akan dilakukan. Karena waktu komputasi tidak jauh berbeda dari iterasi ke iterasi, total waktu komputasi dapat diprediksi dan meningkat secara linier dengan jumlah iterasi. Akibatnya, semakin besar jumlah iterasi, semakin besar waktu komputasi dan semakin baik solusinya [13]. Pembuatan RCL misalkan menyatakan dengan c (e) biaya tambahan yang terkait dengan penggabungan elemen $e \in E$ ke dalam solusi yang sedang dibangun. Pada setiap iterasi GRASP, biarkan cmin dan cmax masing-masing, biaya inkremental terkecil dan terbesar [13].

Daftar kandidat terbatas RCL terdiri dari elemen $e \in E$ dengan biaya tambahan terbaik (misalkan terkecil) c (e). Daftar ini dapat dibatasi baik oleh jumlah elemen (berdasarkan kardinalitas) atau oleh kualitasnya (berdasarkan nilai). Dalam kasus pertama, itu terdiri dari elemen p dengan biaya tambahan terbaik, di mana p adalah parameter. Dalam bab ini, RCL dikaitkan dengan parameter ambang $\alpha \in [0,1]$.RCL dibentuk oleh semua elemen $e \in E$ yang dapat dimasukkan ke dalam

solusi parsial dalam konstruksi tanpa merusak kelayakan dan yang kualitasnya lebih unggul dari nilai ambang batas, yaitu, c (e) ∈ [cmin, cmin + α (cmax - cmin)]. Kasing α = 0 sesuai dengan algoritma serakah murni, sedangkan α = 1 setara dengan konstruksi acak [11].

2.2.6 Hyper-heuristik

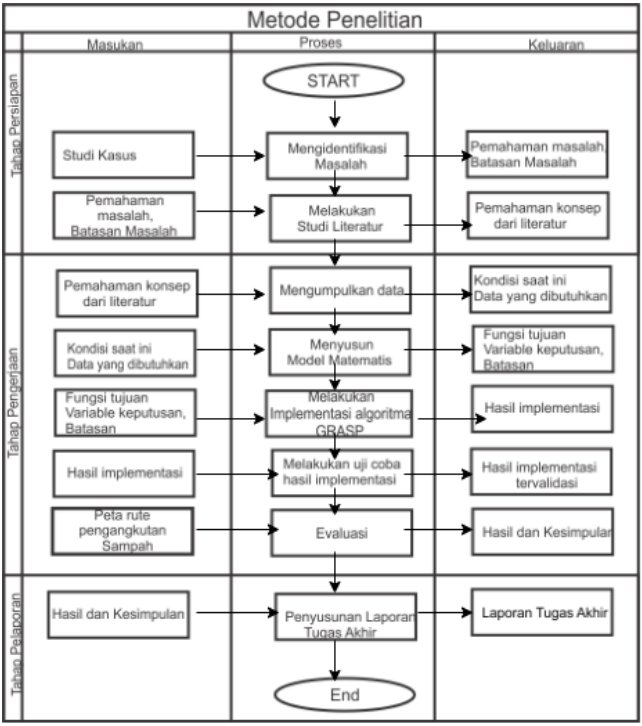
Hyper-heuristik adalah metode sederhana yang mencari melalui ruang pencarian heuristik (atau metode pencarian). Hyper-heuristik dapat didefinisikan sebagai heuristik untuk memilih heuristik atau heuristik yang menghasilkan heuristik. Sebagian besar implementasi metaheuristik mengeksplorasi ruang pencarian solusi untuk masalah yang diberikan tetapi mereka dapat (dan kadang-kadang) digunakan sebagai hiper-heuristik. Istilah hyper-heuristic hanya memberi tahu Anda bahwa kami beroperasi pada ruang pencarian heuristic [10].

BAB III
METODOLOGI

Bab ini menyajikan alur pengerjaan penelitian berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Tujuannya adalah agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan terarah. Bab ini dilengkapi dengan jadwal penelitian, Sehingga penelitan dapat selesai tepat waktu.

3.1 Diagram Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Berikut ini adalah diagram metodologi penelitian pada tugas akhir ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Tujuan diagram ini adalah memberi gambaran mengenai alur pengerjaan tugas akhir ini.



Gambar 3. 1 Medologi Penelitian

3.2 Uraian Metodologi

Pada sub bab ini menjabarkan tahapan-tahapan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Tujuan dari sub ini adalah agar pembaca lebih memahami langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3.2.1 Mengidentifikasi Masalah

Pada tahapan pertama adalah mengidentifikasi masalah. Tujuan pada `tahap ini adalah memahami permasalahan yang ada pada proses pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto. Pemahaman permasalahan dilakukan melalui pengamatan kondisi eksisting pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto. Pengamatan kondisi eksisting membantu dalam menentukan batasan-batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini. Selain itu pengamatan kondisi eksisting membantu tugas akhir ini dalam menemukan solusi sesuai dengan yang diperlukan.

3.2.2 Melakukan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan melakukan studi literatur untuk menunjang penelitian pada tugas akhir ini. Tahap ini bertujuan agar penelitan dilakukan dengan cara kerja atau metode yang tepat. Tahap ini dimulai dengan mencari penelitian-penelitian sebelumnya yaitu mengenai optimasi rute pengangkutan sampah. Setelah itu mencari metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Penentuan metode dilakukan dengan studi literatur terkait metode yang telah diterapkan pada permasalahan yang serupa. Selanjutnya studi literatur terkait metode yang dipilih untuk memahami metode lebih mendalam.

3.2.3 Mengumpulkan data

Tujuan pada tahap ini adalah mengumpulkan data untuk menunjang pengerjaan penelitian pada tugas akhir ini. Sumber

data dari tugas akhir ini berasal dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto. Berikut ini adalah teknik pengambilan data pada tugas akhir ini:

- Wawancara

  Wawancara dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting dan permasalah pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto. Selain itu untuk mencari informasi yang mendukung pengerjaan tugas akhir yang tidak didapatkan pada studi dokumen. Narasumber dari wawancara ini adalah bidang pengolahan sampah Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto.

- Studi Dokumen

  Studi dokumen dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data hasil studi dokumen berupa data armada, rute truk pengangkut sampah, jadwal pengangkutan sampah dan data lainnya yang mendukung tugas akhir.

3.2.4 Menyusun Model Matematis

Pada tahap ini dilakukan penyusunan model matematis untuk permasalahan pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokeerto. Tahap ini memudahkan tahapan selanjutnya yaitu implementasi algoritma. Tahap ini bertujuan untuk menentukan fungsi tujuan, batasan dan variabel keputusan, sesuai dengan permasalahan pada tugas akhir ini. Fungsi tujuan adalah tujuan yang ingin dicapai dapat berupa meminimalkan fungsi atau memaksimalkan fungsi. Batasan adalah faktor pembatas/kendala yang perlu dirumuskan secara matematis. Variabel keputusan adalah besaran yang akan dicari nilainya.

3.2.5 Melakukan Implementasi Algoritma GRASP

Tahap ini dilakukan pembuatan program menggunakan algoritma greedy randomized adaptive search sesuai dengan permasalahan optimasi rute truk pengangkut sampah. Pada tahap ini terdapat dua fase yaitu fase kontruksi dan pencarian lokal. Fase kontruksi menghasilkan solusi awal. Fase pencarian lokal digunakan untuk meningkatkan solusi yang dihasilkan.

3.2.6 Melakukan Uji Coba Hasil Implementasi

Tahap ini bertujuan untuk memvalidasi hasil implementasi. Uji coba program dilakukan dengan melakukan eksperimen dengan berbagai variasi skenario untuk melihat apakah hasil implementasi masih menghasilkan nilai fairness yang baik. Jika nilai fairness yang dihasilkan kurang baik, maka akan dilakukan perbaikan.

3.2.7 Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap luaran yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan kondisi eksiting dengan luaran yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Selain itu, evaluasi juga dilakukan untuk menilai besarnya optimalisasi algoritma greedy randomized adaptive search dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir iniPenyusunan Laporan Tugas Akhir.

3.2.8 Menyusun Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini mendokumentasikan pengerjaan penelitian pada tugas akhir ini. Tujuannya adalah menjelaskan secara detail mengenai penelitian yang dikerjakan agar mudah dipahami oleh pembaca. Luaran dari tahap ini adalah buku tugas akhir, paper, dan/atau jurnal ilmah. Format dokumentasi disesuaikan dengan format yang ditentukan oleh Departemen Sistem Informasi ITS.

BAB IV
PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan perancangan penelitian yang telah diperkenalkan pada bab sebelumnya yaitu mengenai pengumpulan data, penyusunan model matematika dan bagaimana penerapan algoritma GRASP akan diterapkan.

4.1 Pengumpulan Data

Sub bab ini menjelaskan data yang digunakan dalam tugas akhir ini. Data berasal dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto dan Google Maps. Berikut dibawah ini rinciannya:

4.1.1 Lokasi Tempat Pembuangan Sampah (TPS)

Pada tabel 4.1 dibawah ini memuat informasi mengenai lokasi TPS nama TPS, titik latitud dan longtitud. Keseluruhan data lokasi TPS terdapat di Lampiran A

Tabel 4. 1 Lokasi Tempat Pembuangan Sampah

TPS/TPA	Latitud	Longtitud
SMP 1 MOJOSARI	-7.5071721	112.559056
SMA1 MOJOSARI	-7.509033	112.5587682
MTSN MOJOSARI	-7.509007	112.5522021
WILMAR PADI INDONESI	-7.5317651	112.6000126
KASMAJI KERAMIK	-7.4052651	112.4743128

4.1.2 Jarak antara Tempat Pembuangan Sampah (TPS) dan Tempat Pengolahan Akhir (TPA)

Data jarak antar TPS dan TPA diperoleh dari google maps dengan memasukan titik latitud dan longitud. Pada arm roll hanya dicari jarak TPS ke TPA saja. Sedangkan pada dupmtruck dicari jarak antar TPS dan TPA. Pada tabel 4.2

memuat informasi mengenai jarak antar TPS dumptruck dan pada tabel 4.3 Jarak antara TPS arm roll dengan TPA.

Tabel 4. 2 Jarak Antar TPS Dump Truck

	TPA belahan tengah	SMP 1 mojosari	SMA 1 mojosari	MTSN mojosari	Wilmar padi indonesi	Kasmaji keramik	Rs. Darma husada
TPA belahan tengah	0	5,9	5,5	4,8	9,1	25	11,4
SMP 1 mojosari	5,9	0	0,4	1,1	6,7	22,9	12,3
SMA 1 mojosari	5,5	0,4	0	1	6,3	22,5	11,9
MTSN mojosari	4,8	1,1	1	0	6,3	22,5	11,9
Wilmar padi indonesi	9,1	6,7	6,3	6,3	0	28,2	6,1
Kasmaji keramik	25	22,9	22,5	22,5	28,2	0	34,7
Rs. Darma husada	11,4	12,3	11,9	11,9	6,1	34,7	0

Tabel 4. 3 Jarak antara TPS armroll dengan TPA

TPS	Jarak ke tpa(km)
Perum amandipa garden	14,9
Rs dian husada	22.1
Pt imr	7,1
Pasar gedeg	25,8

4.1.3 Volume Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Perminggu

Data yang tersedia dari DLH Kabupaten Mojokerto berupa berat timbangan kendaraan untuk setiap masuk dan keluar. Data tersebut memuat informasi no polisi kendaraan, nama TPS yang dikunjungi, waktu masuk dan waktu keluar, serta informasi berat kendaraan. Data tersebut diambil pada bulan januari tahun 2020 oleh petugas di TPA Belahan Tengah. Pada tugas akhir ini hanya menggunakan data tersebut dari tanggal 6-26 januari tahun 2020 yaitu selama 3 minggu. Dari data tersebut dapat dihitung rata-rata berat sampah di setiap TPS perminggunya.

Berat sampah di TPS armroll dapat langsung diketahui karena armroll dari TPA hanya singgah ke satu TPS kemudian Kembali lagi ke TPA. Namun berbeda dengan dump truck yang mengunjungi beberapa TPS baru kemudian kembali lagi ke TPA, sehingga pada perhitungan berat sampah di TPS dump truck dibuat menjadi rata-rata antar semua TPS dumptruck. Perhitungan volume TPS dihitung dengan dasar untuk setiap 350kg setara dengan $1m^{3.}$, sehingga volume sampah di TPS dapat dihitung dengan membagi berat sampah di TPS dibagi dengan 350. Perhitungan ini berdasarkan wawancara dari pihak DLH Kabupaten Mojokerto [4]. Rata-rata volume TPS per minggu dapat dilihat pada tabel 4.4. Data volume secara lengkap dapat dilihat di Lampiran C.

Tabel 4. 4 Rata-rata volume TPS per minggu

TPS	rata-rata volume/ minggu (m^3)
SMP 1 MOJOSARI	2,33
SMA1 MOJOSARI	2,33
MTSN MOJOSARI	2,33

4.1.4 Jadwal Pengangkutan Sampah

Pada jadwal pengangkutan sampah terdapat informasi mengenai rute pengangkutan sampah setiap harinya. Informasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5 untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran D.

Tabel 4. 5 Rata-rata volume TPS per minggu

Jenis kendaraan	No. Polisi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
Dump truk	S 8045 SP	SMP 1 Mojosari	SMA 1 Mojosari	SMP 1 Mojosari	SMA 1 Mojosari	SMP 1 Mojosari	SMA 1 Mojosari
		MTSN Mojosari	MTSN Mojosari	MTSN Mojosari	MTSN Mojosari	MTSN Mojosari	MTSN Mojosari
		Wilmar padi indonesi	Kasmaji keramik	Wilmar padi indonesi	Rs. Darma husada	Kasmaji keramik	Rs. Darma husada
Arm roll	S 8032 NP	Hotel sun palace	Perum puri kencana	Kelurahan jabon	Hotel sun palace	Prum amandipa garden	Kelurahan jabon
		Pasar kedung maling	Pasar kedung maling	Pasar kedung maling	Rs dian husada	Pasar kedung maling	

4.2 Model Matematis

Pada subbab ini menjelaskan formulasi model matematika untuk permasalahan pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto.

4.2.1 TPS

Grafik lengkap G = (V, E), di mana V = {0, 1, ..., N} adalah himpunan simpul dan E adalah himpunan sisi.

Simpul i = 1, 2, …, N sesuai dengan TPS. Simpul 0 sesuai dengan TPA dan N adalah jumlah TPS. Setiap TPS memiliki permintaan pengangkutan sampah P yang harus diangkut.

4.2.2 Jarak

Dij jarak yang dikaitkan dengan setiap sisi (i, j) ∈ E mewakili jarak dari simpul i ke simpul j untuk semua i ≠ j.

4.2.3 Armada

Sekumpulan armada k = {0,1, 2, ..., K}, armada 0 berupa dumptruck dan K adalah jumlah armroll di mana setiap armada memiliki kapasitas Q.

4.2.4 Variabel Keputusan

Berikut ini adalah variabel keputusan dari permasalahan pengangkutan sampah Kabupaten Mojokerto.

X_{ij}^{rk} =1, Jika terdapat perjalanan dari TPS i ke TPS j pada rute r menggunakan kendaraan k.

0, Selainnya.

4.2.5 Fungsi Tujuan

Pada tugas akhir ini memiliki multiple objektive yang pertama adalah meminimalkan jarak tempuh pada masing-masing armada dan yang kedua adalah Meminimalkan ketidak seimbangan jarak tempuh pada masing-masing armada. Berikut ini formulasi dari fungsi tujuan akhir ini:

a. Meminimalkan jarak tempuh pada setiap armada.

$$Min \sum_{k=1}^{K} \sum_{r=0}^{R} \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{rk} D_{ij}$$

b. Meminimalkan ketidak seimbangan jarak tempuh pada masing-masing armada yang diukur dengan standar deviasi.

$$Min \left(\sqrt{\left(\frac{1}{k} \sum_{k=1}^{K} \left(\sum_{r=0}^{R} \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{rk} D_{ij} - \left(\frac{\sum_{k=1}^{K} \sum_{r=0}^{R} \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{rk} D_{ij}}{K} \right) \right)^2 \right)} \right)$$

4.2.6 Batasan

Berikut ini adalah batasan dari permasalahan pengangkutan sampah Kabupaten Mojokerto.

1. Rute masing-masing armada baik dump truck maupun armroll harus berawal dan berakhir di TPA.

$$\sum_{j=1}^{N} X_{0j}^{rk} = \sum_{i=1}^{N} X_{i0}^{rk}$$

$$\forall \mathrm{k} = 0,1,2, \ldots.., K;\ \forall \mathrm{r} = 0,1,2, \ldots\ldots, R$$

2. Pada satu rute atau satu kali perjalanan jenis armada armroll hanya boleh mengunjungi satu TPS

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{rk} = 1$$

$$\forall \mathrm{k} = 1,2,\ldots.,K;\ \forall \mathrm{r} = 0,1,2,\ldots\ldots,R$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=0}^{N} X_{ij}^{rk} = 1$$

$$\forall \mathrm{k} = 1,2,\ldots.,K;\ \forall \mathrm{r} = 0,1,2,\ldots\ldots,R$$

3. Pada satu rute atau satu kali perjalanan jenis armada dump truck boleh mengunjungi lebih dari satu TPS

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{r0} \geq 1$$

$$\forall \mathrm{r} = 0,1,2,\ldots\ldots,R$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=0}^{N} X_{ij}^{r0} \geq 1$$

$$\forall \mathrm{r} = 0,1,2,\ldots\ldots,R$$

4. Semua kendaraan baik armroll maupun dump truck tidak diperbolehkan mengangkut sampah melebihi kapasitas kendaraan.

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=0}^{N} X_{ij}^{rk}\, P_j \leq Q$$

$$\forall \mathrm{k} = 1,2,\ldots.,K;\ \forall \mathrm{r} = 0,1,2,\ldots\ldots,R$$

4.3 Perancangan Algoritma Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)

Pada subbab ini menjelaskan perancangan algoritma GRASP dalam menyelesaikan permasalahan pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto.

4.3.1 Fase Kontruksi

Pada fase ini rute awal akan dibangun. Berikut ini tahapan yang dilakukan terdapat pada gambar 4.1 pseudocode fase kontruksi.

```
while Set of waste collection is not empty
      Evaluate the candidate Element in Set of waste collection
      cmin ← min{c(e) | e ∈ C};
      cmax ← max{c(e) | e ∈ C};
      Build RCL ← {e ∈ C | c(e) ≤ cmin +α(cmax –cmin)};
      p  <-- Select an element from the RCL
      Add waste collection point of p to route if constrain satisfied
 end
return route
```

Gambar 4. 1 Pseudocode Fase Kontruksi

Pada gambar 4.1 menampilkan pseudocode fase kontruksi yang berisi langkah-langkah membuat rute awal. Langkah-langkah tersebut akan diulang terus-menerus selama masih terdapat TPS belum ditambahkan pada rute.

Langkah pertama adalah mengevaluasi kandidat yang ada. Kandidat adalah seluruh TPS yang belum ditambahkan pada rute. Evaluasi kandidat dilakukan dengan cara menghitung fungsi tujuan jika kandidat ditambahkan ke dalam rute yang sedang dibangun.

Langkah selanjutnya adalah membuat RCL dilakukan dengan cara memilih kandidat secara acak. Cmin adalah nilai evaluasi kandidat terendah dan cmax adalah nilai evaluasi kandidat tertinggi. Agar kandidat yang terpilih dapat menjadi anggota RCL nilai evaluasi kandidat harus lebih rendah dari cmin + α(cmax −cmin).

Langkah berikutnya adalah memilih anggota dari RCL secara acak kemudian ditambahkan ke dalam rute yang sedang dibangun. Anggota yang dimaksud adalah TPS. Penambahan harus memperhatikan batasan. Pada dump truck terdapat kapasitas volume yang harus diperhatikan.

4.3.2 Pencarian Lokal

Pada pencarian lokal dilakukan penerapan strategi untuk meningkatkan solusi. Strategi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan low level heuristic (LLH). LLH adalah heuristic untuk mencari solusi. Berikut ini beberapa LLH yang digunakan pada pencarian lokal.

- 2-OPT

  2-OPT yaitu menukar TPS satu dengan TPS yang mendahuluinya dalam satu rute yang sama. LLH ini hanya diterapkan pada dump truck. Karena pada arm roll tidak akan mengubak jarak tempuhnya.
- Move

  Move yaitu memindahkan satu TPS dari satu rute ke rute yang lain. Pemilihan TPS dan rute dilakukan secra acak.
- Swap

  Swap yaitu menukar satu TPS dari satu rute ke rute yang lain. Pemilihan TPS dan rute dilakukan secra acak.

Pada gambar 4.2 terdapat pseudocode pencarian lokal untuk meningkatkan solusi. Solusi yang diterima adalah solusi yang memiliki nilai fairness yang lebih baik dari solusi saat ini.

```
procedure Local_Search(Solution)
    while Solution is not locally optimal do
        Find s' ∈ N(Solution) with f(s') < f(Solution);
        Solution ← s';
    end;
    return Solution;
end Local_Search.
```

Gambar 4. 2 Pseudocode Pencarian Lokal

4.3.3 Prosedur GRASP

Pada tahap ini terjadi perulangan fase kontruksi dan pencarian lokal untuk mendapatkan solusi yang lebih yang terbaik. Pada gambar 4.3 terdapat pseudocode GRASP untuk mencari solusi yang terbaik diantara semua solusi yang telah dihasilkan dalam pencarian lokal.

```
procedure GRASP(Max_Iterations, Seed)
    Read_Input();
    for k = 1,...,Max_Iterations do
        Solution ← Greedy_Randomized_Construction(Seed);
        if Solution is not feasible then
            Solution ← Repair(Solution);
        end;
        Solution ← Local_Search(Solution);
        Update_Solution(Solution, Best_Solution);
    end;
    return Best_Solution;
end GRASP.
```

Gambar 4. 3 Pseudocode Prosedur GRASP

Pada tabel 4.6 terdapat parameter dari algoritma GRASP yang akan digunakan dalam tugas akhir ini.

Tabel 4. 6 Parameter Pada GRASP

Parameter	Keterangan
A	probabilitas acak dalam menerima kandidat sebagai anggota dari RCL
Ni	Jumlah iterasi pada pencarian lokal
Nj	Jumlah iterasi pada GRASP

Pada tabel 4.6 terdapat terdapat parameter dari algoritma GRASP yaitu alpha (α). Parameter alpha (α) ini digunakan dalam fase kontruksi atau fase pembuatan rute awal, yang berguna untuk menunjukan semakin greedy atau semakin acak dalam menerima kandidat sebagai anggota dari RCL.

4.4 Menghitung Nilai Fairness

Istilah nilai fairness digunakan karena tujuan pada tugas akhir ini ingin membagi jarak tempuh pada masing-masing kendaraan secara adil. Nilai fairness diperoleh dari hasil perhitungan standar deviasi jarak tempuh pada masing-masing kendaraan. Standar deviasi digunakan sebagai fungsi tujuan karena dapat mengukur sebaran atau keragaman sejumlah nilai data. Semakin tinggi nilai standar deviasi menunjukan nilai data yang beragam dan sebaliknya

4.5 Perancangan Skenario Uji Coba Program

Subbab ini menjelaskan rancangan skenario yang akan digunakan dalam uji coba pencarian rute pengangkutan sampah Kabupaten Mojokerto. Terdapat dua skenario yang akan dilakukan pada tugas akhir ini. Skenario pertama adalah menghitung nilai fairness untuk seluruh kendaraan. Skenario kedua adalah menghitung nilai fairness untuk seluruh armroll tanpa dump truck. Hal ini untuk mengetahui

Di dalam algoritma GRASP terdapat parameter alpha dalam pembuatan RCL pada fase kontruksi. Pada penelitian tugas akhir ini mengetahui apakah parameter tersebut berpengaruh terhadap hasil yang dikeluarkan, sehingga parameter alpha akan dimasukan ke dalam skenario. Pada tabel 4.7 dapat kita lihat skenario alpha.

Tabel 4. 7 Sekenario Alpha

Skenario ke-	Alpha
1	0,1
2	0,2
3	0,3
4	0,4
5	0,5
6	0,6

7	0,7
8	0,8
9	0,9
10	1

Pada algoritma GRASP terdapat jumlah iterasi pada pencarian local dan GRASP. Pada tugas akhir ini ingin melihat apakah jumlah iterasi mempengaruhi hasil pada solusi yang dihasilkan. Pada tabel 4.8 dapat kita lihat skenario jumlah iterasi.

Tabel 4. 8 Skenario Jumlah Iterasi

Skenario ke-	Jumlah iterasi	
	Pencarian lokal	GRASP
1	1000	100
2	100000	100

Setelah semua skenario dijalankan maka akan dipilih satu skenario yang menghasilkan solusi terbaik, kemudian akan dibandingkan dengan algoritma lain yaitu algoritma *hill climbing* untuk membandingkan performa algoritma GRASP dengan algoritma lain. Besarnya jumlah iterasi pada algoritma hill climbing menyesuaikan dengan waktu running skenario terbaik pada algoritma GRASP.

4.6 Ringkasan

Pada bab ini telah membahas mengenai pengumpulan data yang diperlukan pada tugas akhir, model matematika dari permasalahan tugas akhir, perancangan algoritma dan skenario uji coba yang akan dilakukan. Pada perancangan skenario terdapat tiga hal yang menjadi percobaan jenis kendaraan yang diikut sertakan dalam optimasi, nilai paramaeter apha dan jumlah iterasi pada pencarian local. Pada bab selanjutnya akan dibahas mengenai implementasi dari perancangan yang telah dibahas pada bab ini.

BAB V
IMPLEMENTASI

Pada bab sebelumnya telah membahas mengenai perancangan pengerjaan tugas akhir ini, sedangkan pada bab ini akan membahas implementasi dari perancang yang terdapat pada bab sebelumnnya. Bab ini akan menjelaskan proses dari awal sampai akhir mengenai implementasi algoritma GRAPS dalam menyelesaikan permasalahan pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto. Kode program secara utuh dapat diakses melalui link ini : https://github.com/Novi0511/ProgramTA.

5.1 Masukan data

Pada implemetasi ini membutuhkan input data meliputi daftar volume tps, nama tps, kendaraan dan jarak antar tps. Data tersebut disimpan dalam bentuk file txt. Data ini akan dibaca per baris oleh program yang kemudian disimpan dalam array dengan tipe data string oleh karena itu membutuhkan konversi tipe data yang dibutuhkan seperti volume dan jarak akan disimpan dalam tipe data double, sedangkan nama tps dan kendaraan akan tetap disimpan dalam tipe data string.

Selain data tersebut implementasi algoritma GRASP juga membutuhkan data masukan lain seperti jumlah kontainer pada setiap TPS armroll dan jumlah rute yang akan dibuat.

Jumlah kontainer per TPS arm roll akan disimpan di dalam array satu dimensi bertipe integer dengan panjang sesuai dengan jumlah tps armroll. Jumlah kontainer dihitung dengan membagi volume tps dengan kapisitas volume armroll, kemudian dibulatkan ke atas.

Selanjutnya jumlah rute yang akan dibuat. Pada tugas akhir ini definisi rute pada dump truck berbeda dengan rute pada armroll. Pada dump truck dianggap satu rute, jika dump truck telah meninggalkan TPA kemudian ke TPS-TPS lalu kembali lagi ke TPA, jadi pada satu kendaraan dump truck bisa saja terdapat

beberapa rute. Sedangkan satu rute pada armroll adalah TPS-TPS yang dikunjungi dalam kurun waktu seminggu, jadi satu kendaraan armroll hanya ada satu rute. Hal ini dilakukan dengan tujuan mempermudah dalam proses coding. Namun perhitungan jarak tempuh tetap dilakukan per kendaraan. Jumlah rute kendaraan dump truck dihitung dengan cara membagi volume seluruh TPS dump truck diagi 8 kemudian dibulatkan ke atas. Angka 8 diperoleh dari kapasitas dumptruk.

5.2 Fase Kontruksi

Pada tahap ini rute awal akan dibuat. Langkah pertama adalah memasukan data yang dibutuhkan. Data tersebut berasal dari input data telah dibuat sebelumnya seperti volume tps dumptruk jumlah kontainer per tps, jarak dan jumlah rute yang akan dibuat. Hasil output dari fase kontruksi adalah sekumpulan rute yang disimpan pada array dua dimensi. Panjang array dimensi pertama disesuaikan dengan jumlah rute dan panjang array dimensi kedua diisi 30 dengan alasan jumlah tps atau kontainer pada setiap rute tidak menyampai 30. Kemudian kita inisiasi pada setiap cell di seed dengan -1. Arti -1 adalah tidak ada TPS atau kontainer. TPS-TPS yang disimpan dalam array tersebut berupa nomor urut.

Dalam fase kontruksi terdapat perulangan yang memuat langkah-langkah. Perulangan tersebut akan terus dilakukan sampai tidak ada lagi TPS yang tersisa atau semua TPS telah ditambahkan ke dalam rute. Beberapa TPS armroll memiliki kontainer lebih dari satu. TPS akan dihitung masih ada walaupun sudah ditambahkan ke dalam rute sampai jumlah kontainer sama dengan 0.

Langkah pertama adalah mengevaluasi semua kandidat atau TPS. Evaluasi ini dilakukan dengan cara menghitung nilai fairness pada semua TPS jika ditambahkan ke dalam rute yang akan dibangun. Pada armroll rute yang memiliki jarak tempuh

terpendek akan ditambah TPS, sedangkan penambahan TPS pada rute dump truck dilakukan secara bergilir. Setelah melakuan evaluasi terhadap semua kandidat.

Selanjutnya adalah membuat *Restricted Candidat List* (RCL) atau daftar kandidat terbatas. Pada tugas akhir ini jumlah RCL yang digunakan adalah 6 atau lebih kurang dari itu, karena pada iterasi tertentu jumlah kandidat yang tersisa kurang dari 6. Armroll hanya mengangkut pada TPS armroll dan begitu pula dengan dumptruk, oleh karena itu setengah dari anggota rcl terisi oleh TPS armroll dan setengahnya lagi oleh TPS dumptruck. Pada iterasi tertentu aturan tersebut dapat berubah karena jumlah TPS dumptruk lebih sedikit dari jumlah TPS armroll, jadi jumlah TPS armroll yang menjadi anggota RCL bergantung pada sisa TPS dumptruck. Jika sisa TPS dumptruck kurang dari tiga maka jumlah TPS armroll yang menjadi anggota RCL adalah jumlah anggota RCL dikurangi sisa TPS dumptruck. Dalam pemilihan anggota RCL terlebih dahulu mencari nilai evaluasi terendah dan nilai evaluasi tertinggi. Selanjutnya TPS dipilih secara acak dari sisa TPS yang belum ditambahkan ke dalam rute jika nilai evaluasi dari TPS ini lebih rendah dari nilai evaluasi terendah ditambah nilai evaluasi tertinggi dikali alpha (α), maka TPS ini akan diterima menjadi anggota RCL. Pada suatu kondisi dengan nilai parameter alpha tertentu tidak ada kandidat yang dipilih secara acak yang memiliki nilai evaluasi yang lebih rendah dari syarat, oleh sebab itu program akan jalan terus menerus tanpa berhenti, sehingga penerimaan anggota RCL dipermudah, apabila iterasi mencapai 100 maka anggota RCL akan terisi. Kandidat yang terpilih bukan kandidat yang pilih secara acak. Namun kandidat yang memiliki nilai evaluasi terendah.

Setelah membuat RCL, selanjutnya adalah memilih anggota RCL secara acak, kemudian ditambahkan ke dalam rute yang akan dibangun. Pada dumptruck sebelum terjadi penambahan

TPS dicek terlebih dahulu kapasitasnya. Langkah-langkah tersebut akan diulang secara terus-menerus sampai semua TPS telah ditambahkan ke dalam rute. Setelah rute telah dibuat kemudian dicek kelayakannya apakah melanggar batasan atau tidak. Pada rute dump truck dicek apakah volume TPS yang ada melebihi kapasitas kendaraan atau tidak. Selanjutnya dicek jumlah TPS di rute harus sama dengan jumlah TPS dump truck ditambah jumlah kontainer.

5.3 Pencarian Lokal

Pada tahap sebelumnya rute awal telah dibuat, maka pada tahap ini adalah menerapkan strategi untuk meningkatkan solusi yang dihasilkan. Solusi akan diubah sesuai LLH yang dipilih, jika solusi yang telah diubah memiliki nilai fairness atau standar deviasi yang lebih kecil dari solusi sebelumnya, maka solusi tersebut akan diterima. LLH yang digunakan adalah 2-OPT, swap dan move. 2-OPT yaitu memilih rute secara acak, kemudian dari rute tersebut dipilih TPS secara acak, setelah itu menukar TPS yang dipilih dengan TPS yang mendahuluinya. LLH ini hanya diterapkan pada dump truck. Karena pada armroll tidak akan mengubak jarak tempuhnya. Move yaitu memilih dua rute secara acak, kemudian dari satu rute tersebut dipilih TPS secara acak, kemudian TPS tersebut dipindahkan ke rute yang kedua. Pada implementasinya LLH ini hanya diterapkan pada armroll. Swap yaitu memilih dua rute secara acak kemudian dari masing-masing dipilih satu TPS secara acak, Setelah itu ditukar. Jumlah iterasi yang dilakukan pada pencarian lokal sebanyak 1000 dan 10000.

5.4 Prosedur GRASP

Setelah terjadi peningkatan solusi di pencarian lokal, selanjutnya pada prosedur GRASP, pencarian lokal akan dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan solusi

terbaik. Pada implementasi jumlah iterasi yang dilakukan sebanyak 100.

5.5 Menghitung Nilai Fairness

Setelah rute akhir selesai dibuat, maka akan dihitung jarak tempuh per kendaraan yang akan disimpan dalam array satu dimensi. Kemudian akan dihitung standar deviasi dari jarak tempuh masing-masing kendaraan tersebut. Nilai dari standar deviasi ini adalah nilai fairnesnya.

5.6 Keluaran data

Keluaran data disimpan dalam file txt. hasil keluaran berupa rute kendaraan, jarak tempuh perkendaraan dan nilai fairness.

5.7 Ringkasan

Pada bab ini telah membahas mengenai implementasi algoritma GRASP dari mulai masukan data, fase kontruksi, pencarian lokal, GRASP, menghitung nilai fairness sampai luaran data. Pada fase kontruksi rute awal dibentuk, kemudian solusi ditingkatkan pada pencarian lokal, Pada GRASP solusi akhir dibentuk dengan mencari solusi terbaik pada pencarian lokal dilakukan. Jumlah iterasi pada pencarian lokal 1000 dan 10000, Sedangkan pada GRASP jumlah iterasi sebanyak 100. Hasil keuaran pada implementasi GRASP adalah rute, jarak tempuh per kendaran dan nilai fitness yang tersimpan dalam file txt. Pembahasan mengenai hasil dari implementasi ini akan dibahas pada bab selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab sebelumnya telah dibahas mengenai implementasi dari algoritma GRASP terkait optimasi rute pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto, sedangkan mengenai hasil implementasi tersebut akan dibahas pada bab ini. Berikut ini pembahasan hasil implementasi tersebut.

6.1 Lingkungan Uji Coba

Sub bab ini menjelaskan lingkungan pengujian implementasi algoritma GRASP terkait optimasi rute pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto. Lingkungan pengujian meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Pada tabel 6.1 dan tabel 6.2 memuat informasi mengenai spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Berikut dibawah ini spesifikasi perangkat keras yang digunakan tertera pada tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Lingkungan Uji Coba Perangkat Keras

Perangkat Keras	Spesifikasi
Jenis	Laptop ASUS A455L
Processor	Intel Core i3-5005U 2.00Hz
RAM	8 GB

Berikut dibawah ini spesifikasi perangkat lunak yang digunakan tertera pada tabel 6.2

Tabel 6. 2 Lingkungan Uji Coba Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Fungsi
Windows 10 64 bit	Sistem Operasi
Microsoft Excel 365	Merangkum data
NetBeans IDE 8.2	Membuat program
Notepad	Menyimpan file input dan file output

6.2 Uji coba program pencarian rute

Subbab ini menjelaskan percobaan yang telah dilakukan untuk mendapatkan nilai fairness terbaik dari seluruh percobaan yang telah dilakukan. Percobaan dilakukan dengan dua skenario yaitu mencari nilai fairness antar semua kendaraan dan mencari nilai fairness antar armroll saja.

6.2.1 Uji coba program skenario 1

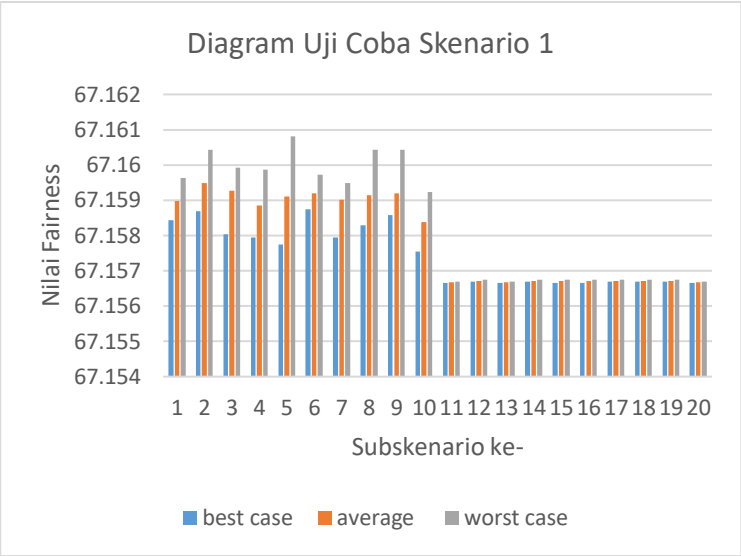
Pada uji coba ini, skenario yang digunakan adalah mencari nilai fairness antar semua kendaraan. Pada skenario ini dibagi lagi menjadi subskenario. Pembagian subskenario dengan cara mengubah-ubah parameter dan jumlah iterasi. Parameter yang digunakan adalah alpha (α). Parameter alpha (α) ini digunakan pada fase konstruksi khusunya dalam pembuatan *Restricted Candidate List* (RCL) atau daftar kandidat TPS yang akan ditambahkan ke dalam rute yang jumlahnya terbatas. Parameter alpha (α) ini merepresentasikan semakin acak atau semakin *greedy* dalam pembuatan RCL. *Greedy* disini berarti dalam pembuatan rcl hanya menerima pilihan terbaik. Selanjutnya untuk jumlah iterasi yang digunakan adalah jumlah iterasi pada pencarian lokal. Jumlah iterasi pencarian lokal yang digunakan adalah 1000 dan 100000 serta jumlah iterasi procedure GRASP yang digunakan sebesar 100. Pada tabel 6.3 menunjukan subskenario dari skenario ini

Tabel 6. 3 Uji Coba Skenario 1

<table>
<tr><th rowspan="2">Subskenario ke-</th><th rowspan="2">α</th><th colspan="2">jumlah iterasi</th></tr>
<tr><th>Pencarian Lokal</th><th>GRASP</th></tr>
<tr><td>1</td><td>0,1</td><td rowspan="4">1000</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>2</td><td>0,2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0,3</td></tr>
<tr><td>4</td><td>0,4</td></tr>
</table>

5	0,5		100
6	0,6		
7	0,7		
8	0,8		
9	0,9		
10	1		
11	0,1	10000	
12	0,2		
13	0,3		
14	0,4		
15	0,5		
16	0,6		
17	0,7		
18	0,8		
19	0,9		
20	1		

Uji coba subskenario pada tabel 6.3 dilakukan percobaan sebanyak lima kali. Hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 6.1 untuk hasil percobaan secara lebih detail dapat dilihat pada Lampiran F.



Gambar 6. 1 Diagram Uji Coba Skenario 1

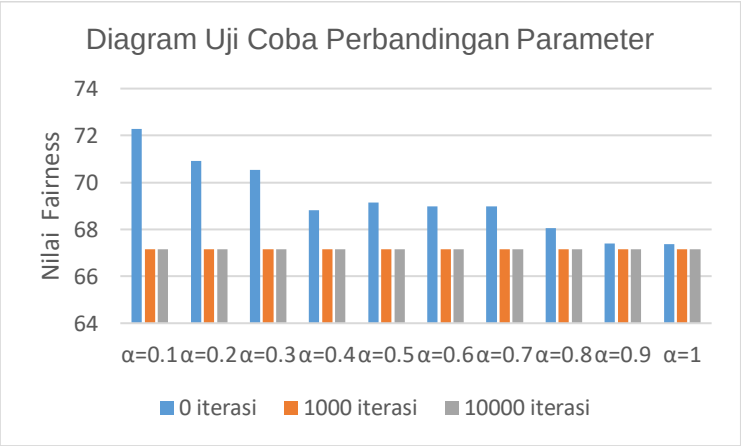
Hasil Uji Coba Program Pencarian Rute Skenario 1

Pada gamabar 6.1 menampilkan nilai fairness pada tiga kondisi base case, average dan worst case. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing subskenario. Pada kondisi bestcase subskenario dengan nilai fairness terkecil jatuh pada subskenario ke-11, 13, 15, 16 dan 20 yaitu sebesar 67,156. Jumlah iterasi pencarian lokal pada ketiga subskenario tersebut sebanyak 100000 dengan parameter α berturut-turut 0,1; 0,3; 0,5; 0,6 dan 1. Sedangkan pada kondisi worst case nilai fairness terbesar terdapat pada subskenario ke-5 dengan nilai fairness sebanyak 67,162 dengan parameter alpha 0,5 dan jumlah iterasi pencarian lokal sebesar 1000.

Pada subskenario 1 sampai 20 jika dilihat pada diagram masih terlihat perbedaan nilainya, namun jika dilihat dari angkanya hanya berbeda 0,01 saja. Jika dilihat lebih jauh pada subskenario 1 sampai 10 masih terlihat perbedaan tinggi

rendahnya pada diagram, namun pada subskenario 11 sampai 20 besarnya nilai fairness hampir sama antar subskenario. Untuk menganalisis lebih jauh membutuhkan visualisasi diagram yang lebih spesifik.

Pada gambar 6.2 kita dapat membandingkan besarnya nilai fairness yang dihasilkan pada parameter alpha dan jumlah iterasi.



Gambar 6. 2 Diagram Uji Coba Perbandingan Parameter

Pada gambar 6.2 dapat kita lihat bahwa jumlah iterasi pada pencarian lokal mempengaruhi nilai fairness yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah iterasi semakin rendah nilai fairness yang dihasilkan, semakin baik pula solusi yang dihasilkan.

Pada percobaan parameter alpha (α) pada 0 iterasi nilai fairness yang dihasilkan masih terlihat perbedaan nilainya, semakin besar nilai alpha semakin kecil nilai fairness yang dihasilkan, hal ini berati semakin acak dalam memilih anggota RCL nilai fairness yang dihasilkan semakin kecil. Namun pada percobaan parameter alpha (α) pada 1000 iterasi dan 10000 iterasi nilai nilai fairness yang dihasilkan hampir sama. Jika diingat kembali

nilai alpha (α) digunakan pada saat pembuatan rute awal. Solusi dari rute awal ini akan ditingkatkan lagi pada pencarian lokal, sehingga pada 1000 iterasi dan 10000 iterasi rute awal telah banyak dirubah, solusi yang dihasilkan semakin ditingkatkan, sehingga pengubahan nilai parameter alpha (α) tidak terlalu berdampak pada nilai fairness yang dihasilkan.

6.2.2 Uji coba program skenario 2

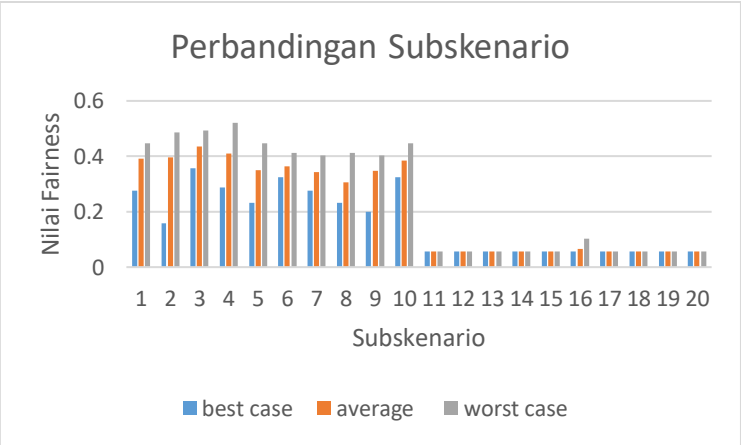
Pada uji coba ini, skenario yang digunakan adalah mencari nilai fairness antar armada armroll. Pada skenario ini dibagi lagi menjadi sub skenario. Pembagian subskenario dilakukan dengan pengubahan nilai parameter alpha (α) dan jumlah iterasi pada pencarian lokal. Pada tabel 6.4 menunjukan subskenario dari skenario ini.

Tabel 6. 4 Uji Coba Skenario 2

<table>
<tr><th rowspan="2">Subskenario ke-</th><th rowspan="2">Alfa</th><th colspan="2">jumlah iterasi</th></tr>
<tr><th>local search</th><th>Procedure</th></tr>
<tr><td>1</td><td>0,1</td><td rowspan="10">1000</td><td rowspan="14">100</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0,2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0,3</td></tr>
<tr><td>4</td><td>0,4</td></tr>
<tr><td>5</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0,6</td></tr>
<tr><td>7</td><td>0,7</td></tr>
<tr><td>8</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>9</td><td>0,9</td></tr>
<tr><td>10</td><td>1</td></tr>
<tr><td>11</td><td>0,1</td><td rowspan="4">10000</td></tr>
<tr><td>12</td><td>0,2</td></tr>
<tr><td>13</td><td>0,3</td></tr>
<tr><td>14</td><td>0,4</td></tr>
</table>

15	0,5		
16	0,6		
17	0,7		
18	0,8		
19	0,9		
20	1		

Hasil uji coba dapat dilihat pada gambar 6.3 untuk hasil uji coba yang lebih terdapat pada Lampiran F. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap subs skenario.

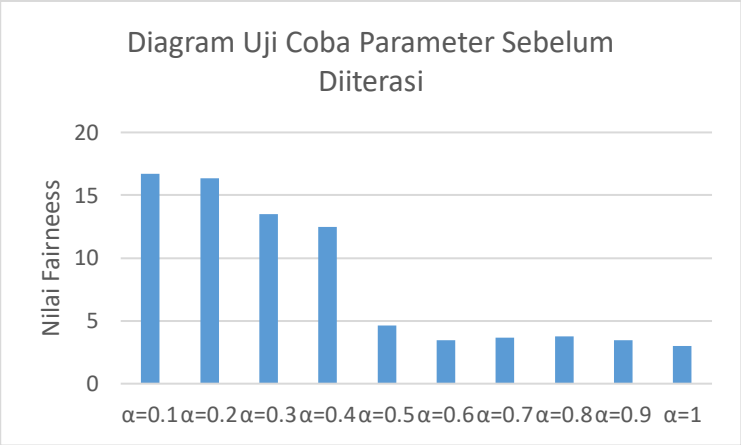


Gambar 6. 3 Diagram Uji Coba Skenario 2

Hasil Uji Coba Program Pencarian Rute Skenario 2

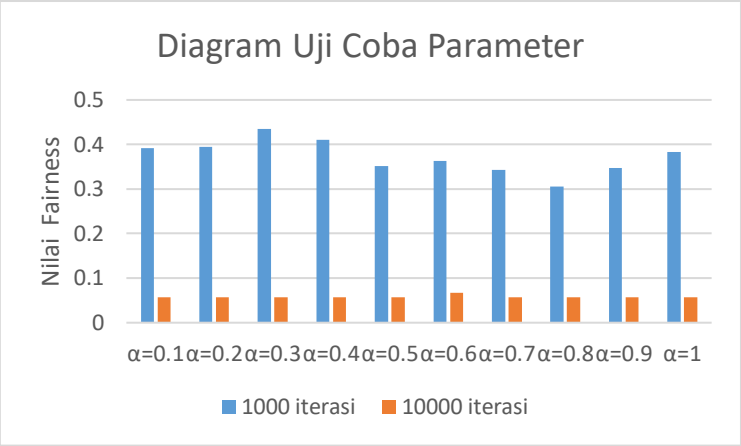
Pada gamabar 6.3 menunjukan nilai fairness pada ketiga kondisi base case, average dan worst case. Pada kondisi best case subskenario dengan nilai fairness terkecil jatuh pada subskenario 11 sampai 20 yaitu sebesar 0,057. Jumlah iterasi pencarian lokal pada ketiga subskenario tersebut sebanyak 100000 dengan parameter α berturut-turut 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1. Sedangkan pada kondisi worst case nilai fairness terbesar terdapat pada subskenario ke-4 dengan nilai

fairness sebanyak 0,529 dengan parameter alpha (α) 0,4 dan jumlah iterasi pencarian lokal sebanyak 1000 kali. Dibawah ini terdapat gambar 6.4 yang menampilkan informasi nilai fairness yang dihasil pada nilai alpha tertentu sebelum diiterasi.



Gambar 6. 4 Diagram Uji Coba Parameter Sebelum Diiterasi

Pada gambar 6.4 menunjukan nilai fairness yang dihasilkan pada nilai parameter yang berbeda sebelum dilakukan iterasi. Semakin besar nilai parameter dari alpha semakin kecil nilai fairness yang dihasilkan. Hal ini berartu semakin acak dalam memilih anggota RCL akan semakin baik solusi yang dihasilkan. Di bawah ini terdapat gambar 6.5 yang menampilkan informasi nilai fairness yang dihasilkan pada nilai parameter alpha dan jumlah iterasi tertentu.



Gambar 6. 5 Diagram Uji Coba Perbandingan Parameter

Pada gambar 6.5 menunjukan percobaan menggunakan 1000 iterasi pada pencarian lokal menghasilkan nilai fairness yang lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan menggunakan 10000 iterasi. Hal ini berarti semakin banyak iterasi yang dilakukan semakin baik solusi yang dihasilkan.

Pada percobaan parameter alpha (α) pada 1000 iterasi nilai fairness yang dihasilkan memiliki pola naik turun, masih terlihat perbedaan nilai fairnessnya. Namun pada 100000 iterasi pada percobaan dengan nilai alpha (α) yang berbeda, nilai fairness yang dihasilkan hampir serupa. Parameter alpha (α) sendiri digunakan saat pembuatan rute awal, khususnya untuk membuat RCL, sehingga pada saat memasuki pencarian lokal rute awal ini akan terus ditingkatkan untuk menghasilkan nilai fairness yang lebih kecil. Sehingga pada 1000 iterasi nilai apha ini masih terlihat berpengaruh terhadap nilai fairness yang dihasilkan. Namun pada 100000 iterasi ketika rute awal sudah mengalami banyak perubahan dan rute awal semakin ditingkatkan, nilai apha tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai fairness yang dihasilkan.

6.2.3 Perbandingan Hasil Optimasi Skenario 1 dan Skenario 2

Subbab ini menjelaskan hasil optimasi rute pada skenario 1 dan skenario 2. Subskenario yang dipilih pada masing-masing skenario adalah subskenario yang memiliki nilai fairness yang paling kecil. Pada skenario 1 dan sekenario 2 menggunakan subskenario ke-15. Skenario 1 Pada tabel 6.5 menunjukan perbandingan skenario 1 dan skenario 2 dalam menghasilkan nilai fairness.

Tabel 6. 5 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2

Skenario	Nilai Fairness		
	Best case	Average	Worst case
1	67,156	67,156	67,156
2	0,057	0,0574	0,057

Pada tabel 6.5 dapat kita lihat perbedaan nilai fairness pada skenario 1 dan skenario 2. Pada skenario 1 armada yang diikutkan yaitu satu dump truck dan sebelas armroll, sedangkan pada skenario 2 armada yang diikutkan hanya sebelas armroll. Namun walaupun hanya berbeda satu armada nilai fairness yang dihasilkan sangat jauh selisihnya. Hal ini berarti jarak tempuh dump truck dengan jarak tempuh armroll memiliki selisih jarak yang besar.

6.3 Perbandingan Hasil Program Algoritma GRASP

Subbab ini akan menjelaslan perbandingan antara hasil optimasi dengan kondisi saat ini pada rute pengangkutan sampah di Kabupaten Bangkalan. Perbandingan dilakukan berdasarkan jarak tempuh rute beserta visualisasinya.

6.3.1 Perbandingan Dengan Hill Climbing

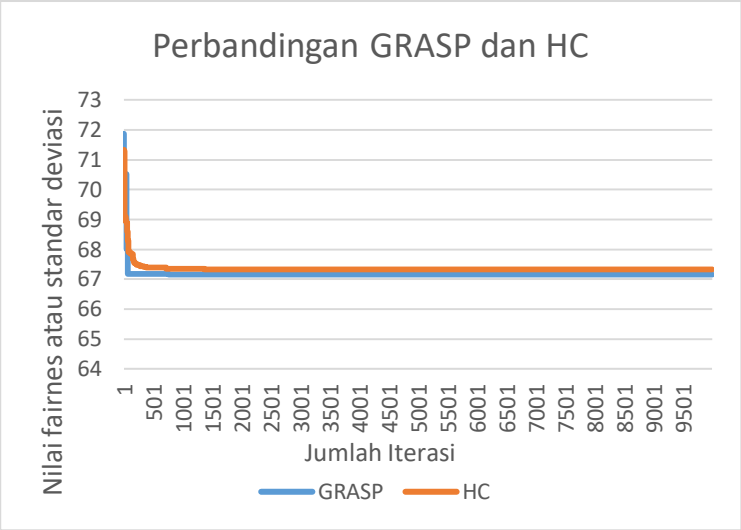
Subbab ini menjelaskan perbandingan hasil optimasi rute menggunakan algoritma GRASP dan algoritma *hill climbing*.

Pada GRASP menggunakan skenario pertama untuk melakukan perbandingan. Subskenario yang dipilih adalah yang memiliki nilai faines yang paling kecil yaitu subskenario ke-15 dengan nilai parameter alpha 0,5, jumlah iterasi lokal 10000 dan jumlah iterasi GRASP 100. Sedangkan pada hill climbing dilakukan 1000000 iterasi. Jumlah iterasi ini disesuaikan runnning time pada algoritma GRASP. Pada tabel 6.6 menunjukan hasil perbandingan algoritma GRAPS dengan Hill Climbing.

Tabel 6. 6 Perbandingan Algoritma GRAPS dengan Hill Climbing

algoritma	waktu running (menit)	jumlah iterasi	inisial solusi	best	worst	Average
GRASP	10	100	69,15	67,156	67,156	67,156
HC	10	1 juta	71,33	67,198	67,372	67,292
Selisih				0,042	0,216	2,129
selisih %				0,06%	0,32%	0,20%

Pada tabel 6.6 nilai fairness yang dihasilkan algoritma GRASP lebih kecil 0,06% pada best case, 0,32% pada worscase, dan 0,20% pada average dibandingkan algoritma *hill climbing*. Hal ini berarti peforma algoritma GRASP lebih baik dari *hill climbing*. Pada gambar 6.6 menunjukan grafik perbandingan hasil algoritma GRAPS dengan Hill Climbing.



Gambar 6. 6 Perbandingan Algoritma GRAPS dan HC

Pada gambar 6.6 menunjukan grafik perbandingan algoritma GRASP dan algoritma HC. Jika dilihat dari grafik algoritma GRASP lebih cepat dalam menghasilkan nilai fairness yang lebih rendah dari pada algoritma HC terlihat pada iterasi 1 sampai 500. Kemudian pada 1500 iterasi ke atas nilai fairness yang dihasilkan algoritma GRASP dan HC terlihat constant. Pada akhir iterasi nilai fairness yang dihasilkan oleh algoritma GRASP lebih rendah dari pada algoritma HC.

6.3.2 Perbandingan Dengan Rute Saat Ini

Subbab ini menjelaskan perbandingan rute hasil optimasi algoritma GRAP dengan rute saat ini yang diperoleh dari DLH Kabupaten Mojokerto. Pada algoritma GRASP menggunakan nilai parameter alpha 0,5, jumlah iterasi lokal 10000 dan jumlah iterasi GRASP 100. Perbandingan jarak tempuh pada kedua rute tersebut dapat dilihat pada tabel 6.7. untuk melihat lebih detail

mengenai perbandingan jarak antar TPS pada rute saat ini dan rute hasil optimasi dapat dilihat di LAMPIRAN G.

Tabel 6. 7 Perbandingan Total Jarak Tempuh Rute Sebelum dengan Sesudah dioptimasi

No	Jenis Armada	Jarak Tempuh (km)	
		Rute saat ini	Rute hasil optimasi
1	Dump truck	212,9	100,8
2	Armroll	450,4	343,6
3	Armroll	396,4	343,8
4	Armroll	356,8	343,8
5	Armroll	467,6	344,0
6	Armroll	366,4	344,0
7	Armroll	292,2	343,8
8	Armroll	285,8	343,8
9	Armroll	181,6	343,8
10	Armroll	342,6	343,6
11	Armroll	238,4	343,6
12	Armroll	259	343,8
Total jarak tempuh		3850,1	3882,4
Nilai fairness		87,361	67,156
Selisih		20,205	
Selisih %		23,12%	

Pada tabel 6.7 dapat kita bandingkan rute hasil optimasi dengan rute saat ini. Rute hasil optimasi berhasil menurunkan nilai fairness sebesar 23,12% dari rute saat ini. Hal ini menandakan selisih jarak tempuh dari masing-masing kendaraan lebih kecil. Pada rute hasil optimasi jarak tempuh dumptruck lebih pendek dari pada rute saat ini, namun pada total jarak tempuh secara keseluruhan rute hasil optimasi memiliki total jarak tempuh yang lebih jauh dengan rute saat ini, perbedaan jarak tempuh sebesar 32,3 km. Hal ini menandakan jumlah kontainer yang harus diangkut oleh armroll lebih banyak pada rute hasil

optimasi. Hal ini tentu sesuai dengan Pada rute hasil optimasi armada ke-7 sampai ke-12 memiliki jarak tempuh yang lebih jauh dari pada rute saat ini. Jika dilihat jenis armada yang digunakan pada armada ke-7 sampai ke-12 adalah armroll. Pada armroll jika diingat kembali, armroll membawa kontainer kosong dari TPA menuju TPS, setelah itu menukar kontainer kosong dengan kontainer yang berisi pada TPS, selanjutnya kembali ke TPA. Sehingga pada armroll jarak tempuh per rute tidak dapat dikurangi, namun untuk total jarak tempuh pengangkutan pada setiap armada dapat berkurang atau bertambah bergantung pada kombinasi dari TPS-TPS yang harus diangkut oleh setiap armada. Pada rute hasil optimasi berusaha menyeimbangkan jarak tempuh oleh setiap armada sehingga jarak tempuh yang dihasilkan hampir sama, sehingga pada hasil optimasi armada ke-1 sampai ke-6 memiliki jarak tempuh yang lebih pendek, sedangkan pada hasil optimasi armada ke-7 sampai ke-12 memiliki jarak tempuh yang lebih jauh. Hal ini dikarenakan kombinasi TPS yang harus diangkut armada pada rute hasil optimasi dan rute saat ini berbeda. Rute hasil optimasi untuk setiap armada mengangkut TPS yang memiliki jarak yang jauh dan dekat sedangkan rute saat ini pembagian berdasarkan pengelompokan wilayah sehingga ada armada yang mengangkut TPS dengan jarak yang dekat dan ada armada yang mengangkut TPS dengan jarak yang jauh.

6.4 Hasil Rekomendasi Rute Baru

Subbab ini menampilkan rekomendasi rute baru yang telah dihasilkan dari skenario satu subskenario ke-15 dengan solusi terbaik diantara subskenario lainnya. Pada tabel 6.8 dapat dilihat untuk rekomendasi rute baru.

Tabel 6. 8 Rekomendasi Rute Baru

Armada	Rekomendasi Rute
Dumptruck S 8045 SP	TPA - SMP 1 Mojosari - Wilmar Padi Indonesi – SMA 1 Mojosari – TPA
	TPA - MTSN Mojosari - RS. Darma Husada - Kasmaji Keramik – TPA
Armroll S 8032 NP	SMA Kutorejo - TPST 3R Pacet - Pondok Amanatul Umma - SMPN 1 Pungging - Ngoro Industri - Canggu Baru - Pondok Bendungan Jat - TPST Kauman - PT LNK – Medali - RSUD r.a Basoeni - TPST Kauman - Canggu Baru - Ds. Kauman Bangsal - Pasar Sawahan
Armroll S 8036 NP	Pondok Bendungan Jat - Pasar Gedeg - Pasar Buah/Ikan - Kelurahan Jabon - SMPN 2 Mojoanyar - Rs Arofah - Perum Indra Prasta - Pasar Raya - Ud. Nabilindo - Pasar Raya - Pasar Pacet - TPST 3R Pacet - TPST 3R Pacet - TPST Kauman - Pasar Buah/Ikan
Armroll S 8031 NP	Perum Jetis Permai - TPST Kauman - Pt Sidojodo - Hotel Sun Palace - Canggu Permai - Pasar Pacet - TPST Kauman - TPST 3R Pacet - Perum Puri Kencana - Perum Jetis Permai - Pasar Buah/Ikan - TPST Kauman
Armroll S 8061 NP	Perum Puri Permata - Perum Puri Permata - Pasar Sawahan - Ngoro Industri - Perum Kharisma - Pasar Kedung Maling - TPST 3R Pacet - Ds. Kauman Bangsal - Pasar Sawahan - Pasar Raya - TPST Kauman - Pasar Kemlagi - Pt Indotree - TPST Kauman
Armroll S 8034 NP	Kantor Kabupaten - Makam Troyolo 2 - Pasar Sawahan - TPST Kauman - Pasar Raya - SMPN 1 Pungging - Medali - Pasar Kedung Maling - TPST London - TPST London - Samiajeng - Pasar Raya - SMPN 1 Pungging - Rs Dian Husada
Armroll S 8059 NP	TPST Adisono – Terusan - Pasar Raya - Perum Puri Permata - Rs Arofah - Kantor DLH - TPST Kauman - Pasar Raya - Pasar

Armada	Rekomendasi Rute
	Raya - TPST 3R Pacet - TPST Kauman - Perum Puri Kencana - Canggu Permai - Puskesmas Kutorejo - Perum Jetis Permai - Rsud Sukandar - Perum. Purwojati (Br - Pasar Raya
Armroll S 8060 NP	Perum Amandipa Garden - Kelurahan Jabon - Pondok Amanatul Umma - Jabon Estate - Terusan - Ponpes. Al-Mutazam - Ponpes. Al-Mutazam - Pasar Kedung Maling - Pt Indotree - TPST Kauman - Pasar Sawahan - TPST Kauman - Pasar Raya - TPST Kauman - TPST Kauman
Armroll S 8062	Pt. Graha Pangan San - Makam Troyolo 2 - TPST Adisono - TPST Adisono - Pasar Kemlagi - Pasar Sawahan - Puskesmas Puri - Pasar Sawahan - Ud. Nabilindo - Pt IMR - Pasar Pacet - TPST Kauman - Pasar Pacet - Pasar Buah/Ikan - TPST Adisono - Pasar Raya - Pasar Raya
Armroll S 8086 NP	SMAN 1 Gedeg - Perum Wikarsa - Polres Kabupaten - Pasar Sawahan - TPST Adisono - Kantor Kabupaten - RSUD R.A Basoeni - Perum Puri Permata - Pasar Raya - RSUD Sukandar - Ds. Kauman Bangsal - Pasar Raya - TPST Kauman – Samiajeng
Armroll S 8030 NP	TPST Kauman - Canggu Permai - Pasar Pelabuhan - RSUD Sukandar - Pasar Buah/Ikan - Pasar Pelabuhan - Sunrise Steel - Pondok Amanatul Umma - Perum Indra Prasta - Home Industri Jedong - TPST Kauman - TPST Adisono - TPST Kauman - TPST Kauman - Pasar Sawahan - TPST Adisono
Armroll S 8057 NP	Canggu Baru - Pondok Amanatul Umma - Pasar Kedung Maling - Home Industri Jedong - Perum Kharisma - Kantor DLH - PT LNK -

Armada	Rekomendasi Rute
	Hotel Sun Palace - PT Sidojodo - Pasar Sawahan - SMPN 1 Pungging - Pasar Sawahan - Pasar Sawahan

6.5 Ringkasan

Bab ini telah menjelaskan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan oleh tugas akhir ini mulai dari lingkungan uji coba, uji coba pencarian rute, perbandingan hasil serta rekomendasi rute. Hasil dari perbandingan dari kedua skenario memiliki nilai fairness yang sangat besar. Hal ini terjadi karena jarak tempuh pada dump truck dan armroll yang sangat besar. Hasil optimasi rute algoritma GRASP memiliki rata-rata nilai fairness lebih rendah 0.20% dari pada algoritma *hill climbing* serta memiliki nilai fairness lebih rendah 23.12% dari rute saat ini. Selanjutnya pada bab berikutnya akan memaparkan kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

Bab sebelumnya telah menjelaskan mengenai hasil penelitian dari tugas akhir ini. Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dan saran untuk penelitan di masa yang akan datang.

7.1 Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian tugas akhir ini antara lain:

1) Algoritma GRAPS berhasil meminimalkan selisih total jarak tempuh antar armada dengan melakukan penurunan nilai fairness sebesar 23,12% dari 87,361 menjadi 67,156.
2) Peforma algoritma GRASP dibandingkan hill climbing lebih baik dengan rata-rata nilai fairness yang dihasilkan lebih rendah 0,20% dari 67,292 menjadi 67,156.

7.2 Saran

Berikut ini saran yang diberikan untuk membantu penelitian di masa yang akan datang antara lain:

1) Pada penelitian tugas akhir ini belum memperhatikan jam kerja, biaya operasional dan kondisi jalan. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dapat memperhatikan hal-hal tersebut.
2) Penelitian tugas akhir ini hanya menghasilkan rute pengangkutan sampah, pada penelitian selanjutnya sebaiknya selain menghasilkan rute juga membuat jadwal untuk rute tersebut.
3) Pada tugas akhir ini algoritma yang digunakan adalah GRASP. Pada penelian berikutnya dapat menggunakan algoritma seperti algoritma *Particle Swamp*

Optimization (PSO), untuk mendapatkan rute yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Fatah, “Wow, Indonesia Produksi 64 Juta Ton Sampah per Tahun, INDOPOS,” 2019. [Online]. Available: https://indopos.co.id/read/2019/07/07/180601/wow-indonesia-produksi-64-juta-ton-sampah-per-tahun. [Diakses 01 November 2019].

[2] “Gambaran Umum Kondisi Wilayah Kabupaten Mojokerto,” 2019. [Online]. Available: https://mojokertokab.go.id/gambaran_umum.

[3] Pemerintah Kabupaten Mojokerto, “Data & Statik Kependudukan di Lingkungan Kabupaten Mojokerto,” 2019. [Online]. Available: https://mojokertokab.go.id/datastatistik/kependudukan. [Diakses 01 November 2019].

[4] S. Kusuma, Interviewee, *Kegiatan Pengagkutan Sampah di Kabupaten Mohokerto.* [Interview]. 12 November 2019.

[5] R. Kuo, E. Z. Ferani dan S. Kadarsah, “Hybrid particle swarm optimization with genetic algorithm forsolving capacitated vehicle routing problem with fuzzy demand– A case study on garbage collection system,” *Diponegoro Journal of Economics,* vol. 219, no. 5, pp. 2574-2588, 2014.

[6] M. Akhtar dan et al, “Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization,” *Waste Management,* vol. 61, pp. 117-128, 23 Maret 2017.

[7] M. Hanan and et.al, "Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm," *Waste Management,* vol. 71, pp. 31-41, 2018.

[8] A. M. Q. Exposito dan et al, “Greedy randomized adaptive search procedure to design waste collection routes in

La Palma," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 61, pp. 117-128, 3 November 2017.

[9] "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/Prt/M/2013," Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013. [Online]. Available: http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/Permen_PU_No_3_Tahun_2013_-_Penyelenggaraan_PS_Persampahan.pd. [Diakses 25 November 2019].

[10] E. K. Burke dan K. Graham, Search Methodologies, vol. 26, New York: Springer, 2019.

[11] L. C. Yeun dan et all, "VEHICLE ROUTING PROBLEM: MODELS AND SOLUTIONS," *Jurnal of Quality Measurement and Analysis,* pp. 205-218, 2008.

[12] E.-G. Talbi, Metaheuristics - From Design to Implementation, New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

[13] M. Gendreau dan P. Jeans-Yves, Handbook of Metaheuristics, Canada: Springer, 2010.

[14] J. G. Suarez and T. A. Manuel, "Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem and theSplit Delivery Using GRASP Metaheuristic," *International Federation for Information Processing,* vol. 331, pp. 243-249, 2010.

[15] M. A. Mohammed, M. S. Ahmad dan S. A. Mostafa, "An improved ant colony optimization algorithm for the multi-depot green vehicle routing problem with multiple objectives," *Journal of Cleaner Production,* vol. 227, pp. 1161-1172, 2019.

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Novi Handayani, lahir di Cilacap, Jawa Tengah pada tanggal 05 November 1998. Penulis lahir sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara. Pada tahun 2004 hingga 2010, penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 01 Karangasem. Pada tahun 2010 hingga 2013, penulis melanjudkan pendidikan di SMPN 01 Sampang. Pada tahun 2013 hingga 2016 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Banyumas. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya angkatan tahun 2016 dengan NRP 05216 4000 0015.

Selama menjalani perkuliahan di ITS, penulis memiliki berbagai pengalaman di organisasi dan kepanitiaan, di antaranya adalah menjadi Wakil Direktur Badan Pelayanan Umat JMMI ITS tahun 2019, staf Administrasi ISE 2017, dan staf ahli Administrasi ISE 2018. Penulis dalam menyusun tugas akhir mengambil minat bidang Rekayasa Data dan Intelegensia Bisnis dengan topik optimasi.

Untuk mengetahui informasi lebih lanjut baik mengenai penelitian ini ataupun hal yang berkaitan dengan penulis, dapat menghubungi e-Mail penulis, handayani.novi05@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A:

Lokasi Tempat Pembuangan Sampah (TPS)

Tps/tpa	Latitud	Longtitud
SMP 1 mojosari	-7.5071721	112.559056
SMA1 mojosari	-7.509033	112.5587682
MTSN mojosari	-7.509007	112.5522021
Wilmar padi indonesi	-7.5317651	112.6000126
Kasmaji keramik	-7.4052651	112.4743128
Rs. Darma husada	-7.5543426	112.6213225
Perum amandipa garden	-7.5337634	112.4615059
RS Dian Husada	-7.528524	112.410544
Pt IMR	-7.544669	112.593544
Pasar gedeg	-7.4575605	112.3881835
SMP N 2 mojoanyar	-7.4720947	112.4788013
Perum wikarsa	-7.4834263	112.429172
Perum. Purwojati (br	-7.523357	112.55635
Puskesmas kutorejo	-7.5676496	112.5078843
Puskesmas puri	-7.544397	112.463751
SMA kutorejo	-7.5689654	112.5070815
SMAN 1 gedeg	-7.454327	112.398653
Pasar kedung maling	-7.5196635	112.400768
Perum puri kencana	-7.519908	112.461982
Kelurahan jabon	-7.4938787	12.4467425
Hotel sun palace	-7.539788	112.390591
Perum kharisma	-7.523613	112.421281
Pt sidojodo	-7.490133	112.442615
Pt indotree	-7.5917267	112.532606
Perum puri permata i	-7.506392	112.459346
Kantor kabupaten	-7.4636943	112.4241534

Canggu permai	-7.4356831	112.4582241
Canggu baru	-7.472134	112.480962
Perum indra prasta	-7.530349	112.461917
Pasar kemlagi	-7.493836	112.439472
Makam troyolo 2	-7.575924	112.380197
Terusan	-7.453899	112.423954
Jabon estate	-7.49663	112.467641
Sunrise steel	-7.515105	112.427448
Pondok amanatul umma	-7.651217	112.55863
Pasar Pelabuhan	-7.422674	112.4664
Pondok bendungan jat	-7.6294196	112.5417976
Home industri jedong	-7.5769877	112.6077653
Polres kabupaten	-7.513234	112.558902
Perum jetis permai	-7.422852	112.4683
Ud. Nabilindo	-7.49663	112.467641
Ngoro industry	-7.556973	112.615799
Pasar pacet	-7.6629108	112.5300124
Samiajeng	-7.6586396	112.599254
Pt. Graha pangan san	-7.479998	112.454332
Rsud r.a basoeni	-7.45589	112.394015
Rsud sukandar	-7.518994	112.559832
Tpst 3r pacet	-7.646249	112.5037593
Medali	-7.5226631	112.4278388
Pt lnk	-7.554372	112.538568
Ds. Kauman bangsal	-7.5026847	112.477996
Ponpes. Al-mutazam	-7.462416	112.47164
Pasar buah/ikan	-7.511066	112.560199
Pasar raya	-7.5146671	112.553742
Pasar sawahan	-7.499453	112.497023
Tpst kauman	-7.5227627	112.5549353

Tpst adisono	-7.5294116	112.5610102
Tpst London	-7.5294116	112.5610102
SMP N 1 pungging	-7.5527118	112.5569496
Kantor dlh	-7.5081149	112.5592798
Rs arofah	-7.5127447	112.5513743

LAMPIRAN B:

Jarak antar TPS dumptruck dan TPA

	TPA belahan tengah	SMP 1 mojosari	SMA 1 mojosari	MTSN mojosari	Wilmar padi indonesi	Kasmaji keramik	Rs. Darma husada
TPA belahan tengah	0	5,9	5,5	4,8	9,1	25	11,4
SMP 1 mojosari	5,9	0	0,4	1,1	6,7	22,9	12,3
SMA 1 mojosari	5,5	0,4	0	1	6,3	22,5	11,9
MTSN mojosari	4,8	1,1	1	0	6,3	22,5	11,9
Wilmar padi indonesi	9,1	6,7	6,3	6,3	0	28,2	6,1

Kasmaji keramik	25	22,9	22,5	22,5	28,2	0	34,7
Rs. Darma husada	11,4	12,3	11,9	11,9	6,1	34,7	0

Jarak antara TPS arm roll dan TPA

TPS	Jarak ke TPA (km)
Perum amandipa garden	14,9
Rs dian husada	22,1
Pt imr	7,1
Pasar gedeg	25,8
SMP N 2 mojoanyar	14,6
Perum wikarsa	18,1
Perum. Purwojati (br	3,8
Puskesmas kutorejo	6,4
Puskesmas puri	13,9
Sma kutorejo	6,7
Sman 1 gedeg	24,9
Pasar kedung maling	24
Perum puri kencana	16,6
Kelurahan jabon	13,7
Hotel sun palace	24,1
Perum charisma	24,1
Pt sidojodo	15,4
Pt indotree	6.
Perum puri permata i	14,8
Kantor kabupaten	20,6
Canggu permai	21
Canggu baru	15,4
Perum indra prasta	15,4
Pasar kemlagi	16,2
Makam troyolo 2	25,4
Terusan	21,8
Jabon estate	12,6

Sunrise steel	18,8
Pondok amanatul umma	14,4
Pasar Pelabuhan	22,6
Pondok bendungan jat	11,4
Home industri jedong	13,9
Polres kabupaten	4,9
Perum jetis permai	22,9
Ud. Nabilindo	12,6
Ngoro industry	10,9
Pasar pacet	15,2
Samiajeng	19
Pt. Graha pangan san	16,1
Rsud r.a basoeni	25
Rsud sukandar	4,6
Tpst 3r pacet	16,5
Medali	19,7
Pt lnk	2,5
Ds. Kauman bangsal	12,2
Ponpes. Al-mutazam	16,7
Pasar buah/ikan	5,3
Pasar raya	5,2
Pasar sawahan	9,4
Tpst kauman	4
Tpst adisono	3,9
Tpst london	4,4
SMP N 1 pungging	4,3
Kantor DLH	5,6
Rs arofah	5,2

LAMPIRAN C:

Volume TPS

Tps	Rata-rata volume/ minggu(m^3)
SMP 1 mojosari	2,330
SMA1 mojosari	2,330
MTSN mojosari	2,330
Wilmar padi indonesi	2,330
Kasmaji keramik	2,330
Rs. Darma husada	2,330
Perum amandipa garden	3,2
Rs dian husada	3,361
Pt IMR	2,647
Pasar gedeg	2,676
Smpn 2 mojoanyar	2,152
Perum wikarsa	4,361
Perum. Purwojati (br	2,523
Puskesmas kutorejo	2,352
Puskesmas puri	2,8
Sma kutorejo	0,781
Sman 1 gedeg	2,6
Pasar kedung maling	23,162
Perum puri kencana	7,105
Kelurahan jabon	8,686
Hotel sun palace	10,238
Perum charisma	7,743
Pt sidojodo	7,771
Pt indotree	11,609
Perum puri permata i	18,314

Kantor kabupaten	7,780
Canggu permai	17,857
Canggu baru	17,8
Perum indra prasta	6,248
Pasar kemlagi	11,571
Makam troyolo 2	6,267
Terusan	11
Jabon estate	5,181
Sunrise steel	5,876
Pondok amanatul umma	20,943
Pasar Pelabuhan	6,552
Pondok bendungan jat	7,371
Home industri jedong	8,314
Polres kabupaten	5,952
Perum jetis permai	12,133
Ud. Nabilindo	7,171
Ngoro industry	11,905
Pasar pacet	19,352
Samiajeng	6,8
Pt. Graha pangan san	2,952
Rsud r.a basoeni	9,457
Rsud sukandar	14,162
Tpst 3r pacet	31,619
Medali	7,486
Pt lnk	6,314
Ds. Kauman bangsal	16,686
Ponpes. Al-mutazam	7,809
Pasar buah/ikan	28,371
Pasar raya	82,076
Pasar sawahan	68,742

Tpst kauman	124,943
Tpst adisono	38,562
Tpst London	6,552
SMPN 1 pungging	18,248
Kantor dlh	9,895
Rs arofah	10,038

LAMPIRAN D:

Jadwal Pengangkutan Sampah

Jenis kendaraan	No. Polisi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
Dump truk	S 8045 SP	Smp 1 Mojosari	Sma 1 Mojosari	Smp 1 Mojosari	Sma 1 Mojosari	Smp 1 Mojosari	Sma 1 Mojosari
		Mtsn Mojosari	Mtsn Mojosari	Mtsn Mojosari	Mtsn Mojosari	Mtsn Mojosari	Mtsn Mojosari
		Wilmar Padi Indonesi	Kasmaji Keramik	Wilmar Padi Indonesi	Rs. Darma Husada	Kasmaji Keramik	Rs. Darma Husada
Arm roll	S 8032 NP	Hotel Sun Palace	Perum Puri Kencana	Kelurahan Jabon	Hotel Sun Palace	Perum Amandipa Garden	Keluraha n Jabon
		Pasar Kedung Maling	Pasar Kedung Maling	Pasar Kedung Maling	RS Dian Husada	Pasar Kedung Maling	

Arm roll	S 8036 NP	Pt Sidojodo	Pt Indotree	Pt Sidojodo	Pt Indotree	Perum Kharisma	Pt Indotree
		Perum Puri Permata I	Perum Kharisma	Perum Puri Permata I	Perum Kharisma	Perum Puri Permata I	Perum Kharisma
		Pt IMR					
Arm roll	S 8031 NP	Canggu Baru	Pasar Kemlagi	Canggu Baru	Pasar Kemlagi	Kantor Kabupate n	Pasar Kemlagi
		Canggu Permai		Perum Indra Prasta	Canggu Permai		Canggu Permai
Arm roll	S 8061 NP	Terusan	Sunrise Steel	Jabon Estate	Terusan	Sunrise Steel	Jabon Estate
		Makam Troyolo 2	Pasar Gedeg	Makam Troyolo 2	Makam Troyolo 2		Makam Troyolo 2

Arm roll	S 8034 NP	Pondok Amanatul Umma	Pondok Amanatul Umma	Pondok Amanatul Umma	Pondok Amanatul Umma	Pondok Amanatul Umma	Pondok Amanatul Umma
		Pondok Bendungan Jat	Pasar Pelabuhan	Pondok Amanatul Umma	Pondok Bendungan Jat	Pasar Pelabuhan	Pondok Amanatul Umma
Arm roll	S 8059 NP	SMPN 2 Mojoanyar	Home Industri Jedong	Polres Kabupaten	Home Industri Jedong	Polres Kabupaten	
		Perum Jetis Permai	Ud. Nabilindo	Perum Jetis Permai	Ud. Nabilindo	Perum Jetis Permai	
Arm roll	S 8060 NP	Ngoro Industri	Ngoro Industry	Ngoro Industri	Ngoro Industri	Ngoro Industri	Ngoro Industri
		Ngoro Industri		Pasar Pacet	Perum Wikarsa	Pasar Pacet	Perum Wikarsa
Arm roll	S 8062 NP	Samiajeng	Puskesmas Puri	SMAN 1 Gedeg	Perum. Purwojati (Br	Pt. Graha Pangan San	Puskesmas Kutorejo

		Sma Kutorejo					
Arm roll	S 8086 NP	TPS 3 R Pacet	Ds. Kauman Bangsal	Ponpes. Al-Mutazam	Tps 3 R Pacet	Ds. Kauman Bangsal	Tps 3 R Pacet
		Rsud Sukandar	RSUD R.A Basoeni	RSUD Sukandar	Medali	RSUD Sukandar	Medali
		Pt LNK					
Arm roll	S 8030 NP	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman
		TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman
		TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman	TPST Kauman
		TPST Adisono	TPST Adisono	TPST Adisono	TPST Adisono	TPST Adisono	TPST Adisono

		TPST London	SMPN 1 Pungging	Kantor DLH	RS. Arofa	SMPN 1 Pungging	
Arm roll	S 8057 NP	Pasar Sawahan	Pasar Sawahan	Pasar Sawahan	Pasar Sawahan	Pasar Sawahan	Pasar Sawahan
		Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Buah
		Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Buah	Pasar Raya	Pasar Raya	Pasar Raya
		Pasar Buah				Pasar Buah	

LAMPIRAN E:

Lampiran ini berisikan hasil wawancara dengan narasumber yaitu kepala seksi pengolaan sampah Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto.

Narasumber	Sutanto kusumo, S.T., M.T.
Jabatan	Kepala seksi pengelolaan sampah
Tempat	Dinas Lingkungan Hidup Mojokerto
Tanggal	12 November 2019
Tujuan	Mengetahui kondisi eksisting penganngkutan sampah di Kabupaten Mojokerto

No	Pertanyaan
1.	Bagaimana kondisi pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto?
	Jawab: Saat ini TPA yang tersedia hanya berjumlah satu untuk melayani satu kabupaten. Rencannya akan ada satu TPA baru yang nantinya akan dioperasikan tahun 2020.
2.	Berapa jumlah TPS yang ada di Kabupaten Mojokerto?
	Jawab: Sekitar 70 atau 80 an. Nanti untuk lebih jelas printkan datanya saja
3.	Berapa jumlah armada pengankut sampah?
	Jawab : Ada satu dump truk dan sisanya arm roll. Jumlahnya sekitar 12.
4.	Apa perbedaan dump truk dan arm roll?
	Jawab:

	Kalau amroll sistemnya dapat pasang lepas kontainer. Dari TPA membawa kontainer kosong kemudian ke TPS diganti dengan kontainer yang sudah penuh. Lalu kembali ke TPA dan begitu seturusnya hingga TPS yang terakhir. Kalau dump truk sistemnya tetap, jadi dari TPA ke TPS-TPS hingga penuh kemudian kembali lagi ke TPA
5.	Pukul berapa pak truknya mulai beroperasi dan sampai pukul berapa?
	Jawab: Berangkat mulai dari pagi sekitar jam setengah tujuh atau jam tujuh. untuk selesainya tergantung jaraknya. Kalau rata-rata pukul setengah 12 atau jam 12 sudah sampai. Kalau yang jaraknya jauh sekitar jam satu atau setengah dua.
6.	Berapa lama waktu untuk pengedropan sampah di tps pak?
	Jawab: Dump truk kira-kira 15-20 menit. Amroll kira-kira 5-10 menit.
7.	Apakah jalan dipilih sopir truk merupakan jalan tercepat?
	Jawab: Pastinya mereka memilih jalan tercepat karena dari kami sendiri memberi uang untuk membeli solar setiap minggu. Uang itu harus cukup jika kurang ditanggung oleh mereka sendiri.
8.	Apa permasalahan yang sering muncul di pengangkutan sampah di Kabupaten Mojokerto?
	Jawab: Biasanya ada panggilan telepon untuk pengangkutan sampah dari TPS yang sudah penuh.
9.	Apa yang menyebabkan panggilan itu?
	Jawab:

	Ada beberapa TPS yang cepat sekali penuh biasanya TPS yang berada di pasar-pasar
10.	Dalam pengangkutan sampah apakah truk selalu membawa keadaan penuh?
	Jawab: Tidak selalu penuh. Pengangkutannya sesuai jadwal penuh tidak penuh tetep diangkut.
11.	Adakah data volume sampah untuk setiap TPS?
	Jawab: Tidak ada tapi di TPA ada penimbangan berat sampah yang dibawa oleh masing-masing truk pengangkut sampah.
12	Kalau dari pihak DLH bagaimana cara menghitung volume sampah?
	Jawab: Kalau volume sampah perkontainer volumenya 6 m^3. 1m^3 setara dengan 350 kg.
13.	pembuatan rute dan jadwal saat ini sistemnya seperti apa?
	Jawab: Kita mempertimbangkan dari TPS yang sekiranya menghasilkan banyak sampah setiap hari, seperti pasar-pasar. Kemudian juga mengelompokkan lokasi, satu area yang berdekatan diserahkan ke satu armada

LAMPIRAN F:

Lampiran ini berisi hasil uji coba program

Hasil percobaan skenario 1

Sub skenario ke-	Nilai fitness dari percobaan ke-							
	1	2	3	4	5	Rata-rata	Best case	Worst
1	67,159	67,159	67,158	67,158	67,159	67,158	67,158	67,159
2	67,158	67,160	67,159	67,158	67,159	67,159	67,158	67,160
3	67,159	67,159	67,158	67,159	67,158	67,159	67,158	67,159
4	67,159	67,158	67,157	67,159	67,159	67,158	67,157	67,159
5	67,158	67,158	67,159	67,160	67,157	67,159	67,157	67,160
6	67,158	67,159	67,159	67,158	67,159	67,159	67,158	67,159
7	67,159	67,159	67,159	67,157	67,159	67,159	67,157	67,159
8	67,158	67,158	67,159	67,158	67,160	67,159	67,158	67,160
9	67,158	67,160	67,159	67,158	67,158	67,159	67,158	67,160
10	67,158	67,157	67,157	67,159	67,158	67,158	67,157	67,159
11	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156

12	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
13	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
14	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
15	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
16	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
17	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
18	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
19	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156
20	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156	67,156

Hasil percobaan skenario 2

Subskenario ke-	Nilai fitness dari percobaan ke-							
	1	2	3	4	5	Rata-rata	Best case	Worst
1	0,446	0,395	0,446	0,395	0,275	0,391	0,275	0,446
2	0,446	0,462	0,485	0,158	0,421	0,395	0,158	0,485
3	0,356	0,462	0,493	0,421	0,438	0,434	0,356	0,493
4	0,366	0,288	0,478	0,521	0,395	0,410	0,288	0,521
5	0,395	0,404	0,275	0,232	0,446	0,350	0,232	0,446
6	0,413	0,356	0,324	0,366	0,356	0,363	0,324	0,413

7	0,335	0,376	0,324	0,404	0,275	0,343	0,275	0,404
8	0,247	0,335	0,232	0,300	0,413	0,306	0,232	0,413
9	0,385	0,404	0,345	0,404	0,199	0,347	0,199	0,404
10	0,404	0,376	0,446	0,324	0,366	0,383	0,324	0,446
11	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
12	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
13	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
14	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0.057
15	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
16	0,057	0,057	0,102	0,057	0,057	0,066	0,057	0,102
17	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
18	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
19	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
20	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057

LAMPIRAN G

Perbandingan jarak tempuh rute saat ini dengan rute setelah dioptimasi

No	Armada	Rute Saat Ini			Rute Baru		
1	Dump truck	Dari	Menuju	Jarak (km)	Dari	Menuju	Jarak (km)
		TPA Belahan Tengah	SMP 1 Mojosari	5,9	TPA Belahan Tengah	SMP 1 Mojosari	5,9
		SMP 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1,1	SMP 1 Mojosari	Wilmar Padi Mas Indonesia	6,7
		MTSN Mojosari	Wilmar Padi Mas Indonesia	6,3	Wilmar Padi Mas Indonesia	SMA 1 Mojosari	6,3
		Wilmar Padi Mas Indonesia	TPA Belahan Tengah	9,1	SMA 1 Mojosari	TPA Belahan Tengah	5,5
		TPA Belahan Tengah	SMA 1 Mojosari	5,5	TPA Belahan Tengah	MTSN Mojosari	4,8
		SMA 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1	MTSN Mojosari	RS Darma Husada	11,9

		MTSN Mojosari	Kasmaji Keramik	22,5	RS Darma Husada	Kasmaji Keramik	34,7
		Kasmaji Keramik	TPA Belahan Tengah	25	Kasmaji Keramik	TPA Belahan Tengah	25
		TPA Belahan Tengah	SMP 1 Mojosari	5,9			
		SMP 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1,1			
		MTSN Mojosari	Wilmar Padi Mas Indonesia	6,3			
		Wilmar Padi Mas Indonesia	TPA Belahan Tengah	9,1			
		TPA Belahan Tengah	SMA 1 Mojosari	5,5			
		SMA 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1			
		MTSN Mojosari	RS Darma Husada	11,9			
		RS Darma Husada	TPA Belahan Tengah	11,4			
		TPA Belahan Tengah	SMP 1 Mojosari	5,9			
		SMA 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1,1			

		MTSN Mojosari	Kasmaji Keramik	22,5			
		Kasmaji Keramik	TPA Belahan Tengah	25			
		TPA Belahan Tengah	SMA 1 Mojosari	5,5			
		SMA 1 Mojosari	MTSN Mojosari	1			
		MTSN Mojosari	RS Darma Husada	11,9			
		RS Darma Husada	TPA Belahan Tengah	11,4			
		Jarak Tempuh		212,9	Jarak Tempuh		100,8
2	Armroll	TPA Belahan Tengah	Hotel Sun Palace	24,1	TPA Belahan Tengah	SMA Kutorejo	6,7
		Hotel Sun Palace	TPA Belahan Tengah	24,1	SMA Kutorejo	TPA Belahan Tengah	6,7
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5

		TPA Belahan Tengah	Perum puri kencana	16,6	TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4
		Perum puri kencana	TPA Belahan Tengah	16,6	Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24	TPA Belahan Tengah	SMPN 1 Pungging	4,3
		Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24	SMPN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3
		TPA Belahan Tengah	Kelurahan Jabon	13,7	TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9
		Kelurahan Jabon	TPA Belahan Tengah	13,7	Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24	TPA Belahan Tengah	Canggu Baru	15,4
		Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24	Canggu Baru	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	Hotel Sun Palace	24,1	TPA Belahan Tengah	Pondok Bendungan Jat	11,4

		Hotel Sun Palace	TPA Belahan Tengah	24,1	Pondok Bendungan Jat	TPA Belahan Tengah	11,4
		TPA Belahan Tengah	RS Dian Husada	22,1	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		RS Dian Husada	TPA Belahan Tengah	22,1	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Perum Amandipa Garden	14,9	TPA Belahan Tengah	PT LNK	2,5
		Perum Amandipa Garden	TPA Belahan Tengah	14,9	PT LNK	TPA Belahan Tengah	2,5
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24	TPA Belahan Tengah	Medali	19,7
		Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24	Medali	TPA Belahan Tengah	19,7
		TPA Belahan Tengah	Kelurahan Jabon	13,7	TPA Belahan Tengah	RSUD r.a Basoeni	25
		Kelurahan Jabon	TPA Belahan Tengah	13,7	RSUD r.a Basoeni	TPA Belahan Tengah	25
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4

					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Canggu Baru	15,4
					Canggu Baru	TPA Belahan Tengah	15,4
					TPA Belahan Tengah	Ds. Kauman Bangsal	12,2
					Ds. Kauman Bangsal	TPA Belahan Tengah	12,2
					TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
					Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		Jarak Tempuh		450,4	Jarak Tempuh		343,6
3	Armroll	TPA Belahan Tengah	Pt Sidojodo	15,4	TPA Belahan Tengah	Pondok Bendungan Jat	11,4
		Pt Sidojodo	TPA Belahan Tengah	15,4	Pondok Bendungan Jat	TPA Belahan Tengah	11,4

		TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata I	14,8	TPA Belahan Tengah	Pasar Gedeg	25,8
		Perum Puri Permata I	TPA Belahan Tengah	14,8	Pasar Gedeg	TPA Belahan Tengah	25,8
		TPA Belahan Tengah	Pt IMR	7,1	TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3
		Pt IMR	TPA Belahan Tengah	7,1	Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3
		TPA Belahan Tengah	Pt Indotree	6,5	TPA Belahan Tengah	Kelurahan Jabon	13,7
		Pt Indotree	TPA Belahan Tengah	6,5	Kelurahan Jabon	TPA Belahan Tengah	13,7
		TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1	TPA Belahan Tengah	SMPN 2 Mojoanyar	14,6
		Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1	SMPN 2 Mojoanyar	TPA Belahan Tengah	14,6
		TPA Belahan Tengah	Pt Sidojodo	15,4	TPA Belahan Tengah	Rs Arofah	5,2
		Pt Sidojodo	TPA Belahan Tengah	15,4	Rs Arofah	TPA Belahan Tengah	5,2

		TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata I	14,8	TPA Belahan Tengah	Perum Indra Prasta	15,4
		Perum Puri Permata I	TPA Belahan Tengah	14,8	Perum Indra Prasta	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	Pt Indotree	6,5	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Pt Indotree	TPA Belahan Tengah	6,5	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1	TPA Belahan Tengah	Ud. Nabilindo	12,6
		Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1	Ud. Nabilindo	TPA Belahan Tengah	12,6
		TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata I	14,8	TPA Belahan Tengah	Pasar Pacet	15,2
		Perum Puri Permata I	TPA Belahan Tengah	14,8	Pasar Pacet	TPA Belahan Tengah	15,2

		TPA Belahan Tengah	Pt Indotree	6,5	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Pt Indotree	TPA Belahan Tengah	6,5	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5
		TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3
					Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3
		Jarak Tempuh		396,4	Jarak Tempuh		343,8
4	Armroll	TPA Belahan Tengah	Canggu Baru	15,4	TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9
		Canggu Baru	TPA Belahan Tengah	15,4	Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9

		TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kemlagi	16,2	TPA Belahan Tengah	Pt Sidojodo	15,4
		Pasar Kemlagi	TPA Belahan Tengah	16,2	Pt Sidojodo	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	Canggu Baru	15,4	TPA Belahan Tengah	Hotel Sun Palace	24,1
		Canggu Baru	TPA Belahan Tengah	15,4	Hotel Sun Palace	TPA Belahan Tengah	24,1
		TPA Belahan Tengah	Perum Indra Prasta	15,4	TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21
		Perum Indra Prasta	TPA Belahan Tengah	15,4	Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kemlagi	16,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Pacet	15,2
		Pasar Kemlagi	TPA Belahan Tengah	16,2	Pasar Pacet	TPA Belahan Tengah	15,2

		TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Kantor Kabupaten	20,6	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Kantor Kabupaten	TPA Belahan Tengah	20,6	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5
		TPA Belahan Tengah	Pasar Kemlagi	16,2	TPA Belahan Tengah	Perum Puri Kencana	16,6
		Pasar Kemlagi	TPA Belahan Tengah	16,2	Perum Puri Kencana	TPA Belahan Tengah	16,6
		TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21	TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9
		Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21	Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9
					TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3
					Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3

					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		Jarak Tempuh		356,8	Jarak Tempuh		343,8
5	Armroll	TPA Belahan Tengah	Terusan	21,8	TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata	14,8
		Terusan	TPA Belahan Tengah	21,8	Perum Puri Permata	TPA Belahan Tengah	14,8
		TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4	TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata	14,8
		Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4	Perum Puri Permata	TPA Belahan Tengah	14,8
		TPA Belahan Tengah	Sunrise Steel	18,8	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Sunrise Steel	TPA Belahan Tengah	18,8	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Gedeg	25,8	TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9
		Pasar Gedeg	TPA Belahan Tengah	25,8	Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9

		TPA Belahan Tengah	Jabon Estate	12,6	TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1
		Jabon Estate	TPA Belahan Tengah	12,6	Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1
		TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24
		Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4	Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24
		TPA Belahan Tengah	Terusan	21,8	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Terusan	TPA Belahan Tengah	21,8	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5
		TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4	TPA Belahan Tengah	Ds. Kauman Bangsal	12,2
		Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4	Ds. Kauman Bangsal	TPA Belahan Tengah	12,2
		TPA Belahan Tengah	Sunrise Steel	18,8	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Sunrise Steel	TPA Belahan Tengah	18,8	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4

		TPA Belahan Tengah	Jabon Estate	12,6	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Jabon Estate	TPA Belahan Tengah	12,6	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Pasar Kemlagi	16,2
					Pasar Kemlagi	TPA Belahan Tengah	16,2
					TPA Belahan Tengah	Pt Indotree	6,5
					Pt Indotree	TPA Belahan Tengah	6,5
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		Jarak Tempuh		467,6	Jarak Tempuh		344

6	Armroll	TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Kantor Kabupaten	20,6
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Kantor Kabupaten	TPA Belahan Tengah	20,6
		TPA Belahan Tengah	Pondok Bendungan Jat	11,4	TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4
		Pondok Bendungan Jat	TPA Belahan Tengah	11,4	Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4
		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Pelabuhan	22,6	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Pasar Pelabuhan	TPA14,4 Belahan Tengah	22,6	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2

		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	SMPN 1 Pungging	4,3
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	SMPN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3
		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Medali	19,7
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Medali	TPA Belahan Tengah	19,7
		TPA Belahan Tengah	Pondok Bendungan Jat	11,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24
		Pondok Bendungan Jat	TPA Belahan Tengah	11,4	Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24
		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	TPST London	4,4
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	TPST London	TPA Belahan Tengah	4,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Pelabuhan	22,6	TPA Belahan Tengah	TPST London	4,4
		Pasar Pelabuhan	TPA Belahan Tengah	22,6	TPST London	TPA Belahan Tengah	4,4

		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Samiajeng	19
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Samiajeng	TPA Belahan Tengah	19
		TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
					TPA Belahan Tengah	SMPN 1 Pungging	4,3
					SMPN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3
					TPA Belahan Tengah	RS Dian Husada	22,1
					RS Dian Husada	TPA Belahan Tengah	22,1
		Jarak Tempuh		366,4	Jarak Tempuh		344
7	Armroll	TPA Belahan Tengah	SMPN 2 Mojoanyar	14,6	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
		SMPN 2 Mojoanyar	TPA Belahan Tengah	14,6	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9

		TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9	TPA Belahan Tengah	Terusan	21,8
		Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9	Terusan	TPA Belahan Tengah	21,8
		TPA Belahan Tengah	Home Industri Jedong	13,9	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Home Industri Jedong	TPA Belahan Tengah	13,9	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Ud. Nabilindo	12,6	TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata	14,8
		Ud. Nabilindo	TPA Belahan Tengah	12,6	Perum Puri Permata	TPA Belahan Tengah	14,8
		TPA Belahan Tengah	Polres Kabupaten	4,9	TPA Belahan Tengah	Rs Arofah	5,2
		Polres Kabupaten	TPA Belahan Tengah	4,9	Rs Arofah	TPA Belahan Tengah	5,2’
		TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9	TPA Belahan Tengah	Kantor DLH	5,6
		Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9	Kantor DLH	TPA Belahan Tengah	5,6

		TPA Belahan Tengah	Home Industri Jedong	13,9	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Home Industri Jedong	TPA Belahan Tengah	13,9	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Ud. Nabilindo	12,6	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Ud. Nabilindo	TPA Belahan Tengah	12,6	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Polres Kabupaten	4,9	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Polres Kabupaten	TPA Belahan Tengah	4,9	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9	TPA Belahan Tengah	TPST 3R Pacet	16,5
		Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9	TPST 3R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4

					TPA Belahan Tengah	Perum Puri Kencana	16,6
					Perum Puri Kencana	TPA Belahan Tengah	16,6
					TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21
					Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21
					TPA Belahan Tengah	Puskesmas Kutorejo	6,4
					Puskesmas Kutorejo	TPA Belahan Tengah	6,4
					TPA Belahan Tengah	Perum Jetis Permai	22,9
					Perum Jetis Permai	TPA Belahan Tengah	22,9
					TPA Belahan Tengah	Rsud Sukandar	4,6
					Rsud Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6

					TPA Belahan Tengah	Perum. Purwojati (Br	3,8
					Perum. Purwojati (Br	TPA Belahan Tengah	3,8
					TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
					Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		Jarak Tempuh		292,2	Jarak Tempuh		343,8
8	Armroll	TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Perum Amandipa Garden	14,9
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Perum Amandipa Garden	TPA Belahan Tengah	14,9
		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Kelurahan Jabon	13,7
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Kelurahan Jabon	TPA Belahan Tengah	13,7

		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4
		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Jabon Estate	12,6
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Jabon Estate	TPA Belahan Tengah	12,6
		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Terusan	21,8
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Terusan	TPA Belahan Tengah	21,8
		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Ponpes. Al-Mutazam	16,7
		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Ponpes. Al-Mutazam	TPA Belahan Tengah	16,7
		TPA Belahan Tengah	Ngoro Industri	10,9	TPA Belahan Tengah	Ponpes. Al-Mutazam	16,7

		Ngoro Industri	TPA Belahan Tengah	10,9	Ponpes. Al-Mutazam	TPA Belahan Tengah	16,7
		TPA Belahan Tengah	Pasar Pacet	15,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24
		Pasar Pacset	TPA Belahan Tengah	15,2	Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24
		TPA Belahan Tengah	Pasar Pacset	15,2	TPA Belahan Tengah	Pt Indotree	6,5
		Pasar Pacset	TPA Belahan Tengah	15,2	Pt Indotree	TPA Belahan Tengah	6,5
		TPA Belahan Tengah	Perum Wikarsa	18,1	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Perum Wikarsa	TPA Belahan Tengah	18,1	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	Perum Wikarsa	18,1	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Perum Wikarsa	TPA Belahan Tengah	18,1	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4

					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
					Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		Jarak Tempuh		285,8	Jarak Tempuh		343,8
9	Armroll	TPA Belahan Tengah	Samiajeng	19	TPA Belahan Tengah	Pt. Graha Pangan San	16,1
		Samiajeng	TPA Belahan Tengah	19	Pt. Graha Pangan San	TPA Belahan Tengah	16,1
		TPA Belahan Tengah	SMA Kutorejo	6,7	TPA Belahan Tengah	Makam Troyolo 2	25,4

		SMA Kutorejo	TPA Belahan Tengah	6,7	Makam Troyolo 2	TPA Belahan Tengah	25,4
		TPA Belahan Tengah	Puskesmas Puri	13,9	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
		Puskesmas Puri	TPA Belahan Tengah	13,9	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
		TPA Belahan Tengah	SMAN 1 Gedeg	24,9	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
		SMAN 1 Gedeg	TPA Belahan Tengah	24,9	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
		TPA Belahan Tengah	Perum. Purwojati (Br	3,8	TPA Belahan Tengah	Pasar Kemlagi	16,2
		Perum. Purwojati (Br	TPA Belahan Tengah	3,8	Pasar Kemlagi	TPA Belahan Tengah	16,2
		TPA Belahan Tengah	Pt. Graha Pangan San	16,1	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Pt. Graha Pangan San	TPA Belahan Tengah	16,1	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Puskesmas Kutorejo	6,4	TPA Belahan Tengah	Puskesmas Puri	13,9

		Puskesmas Kutorejo	TPA Belahan Tengah	6,4	Puskesmas Puri	TPA Belahan Tengah	13,9
					TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
					Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
					TPA Belahan Tengah	Ud. Nabilindo	12,6
					Ud. Nabilindo	TPA Belahan Tengah	12,6
					TPA Belahan Tengah	Pt IMR	7,1
					Pt IMR	TPA Belahan Tengah	7,1
					TPA Belahan Tengah	Pasar Pacet	15,2
					Pasar Pacet	TPA Belahan Tengah	15,2
					TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4

					TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Pasar Pacet	15,2
					Pasar Pacet	TPA Belahan Tengah	15,2
					TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3
					Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3
					TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
					TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
					TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
					Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
					TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2

					Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
10	Armroll	Jarak Tempuh		181,6	Jarak Tempuh		343,8
		TPA Belahan Tengah	TPS 3 R Pacet	16,5	TPA Belahan Tengah	SMAN 1 Gedeg	24,9
		TPS 3 R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5	SMAN 1 Gedeg	TPA Belahan Tengah	24,9
		TPA Belahan Tengah	RS Sukandar	4,6	TPA Belahan Tengah	Perum Wikarsa	18,1
		RS Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6	Perum Wikarsa	TPA Belahan Tengah	18,1
		TPA Belahan Tengah	Pt LNK	2,5	TPA Belahan Tengah	Polres Kabupaten	4,9
		Pt LNK	TPA Belahan Tengah	2,5	Polres Kabupaten	TPA Belahan Tengah	4,9
		TPA Belahan Tengah	Ds. Kauman Bangsal	12,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Ds. Kauman Bangsal	TPA Belahan Tengah	12,2	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Rsud R.A Basoeni	25	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9

		Rsud R.A Basoeni	TPA Belahan Tengah	25	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
		TPA Belahan Tengah	Ponpes. Al-Mutazam	16,7	TPA Belahan Tengah	Kantor Kabupaten	20,6
		Ponpes. Al-Mutazam	TPA Belahan Tengah	16,7	Kantor Kabupaten	TPA Belahan Tengah	20,6
		TPA Belahan Tengah	Rsud Sukandar	4,6	TPA Belahan Tengah	RSUD R.A Basoeni	25
		Rsud Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6	RSUD R.A Basoeni	TPA Belahan Tengah	25
		TPA Belahan Tengah	Tps 3 R Pacet	16,5	TPA Belahan Tengah	Perum Puri Permata	14,8
		Tps 3 R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5	Perum Puri Permata	TPA Belahan Tengah	14,8
		TPA Belahan Tengah	Medali	19,7	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Medali	TPA Belahan Tengah	19,7	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Ds. Kauman Bangsal	12,2	TPA Belahan Tengah	RSUD Sukandar	4,6

		Ds. Kauman Bangsal	TPA Belahan Tengah	12,2	RSUD Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6
		TPA Belahan Tengah	RSUD Sukandar	4,6	TPA Belahan Tengah	Ds. Kauman Bangsal	12,2
		RSUD Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6	Ds. Kauman Bangsal	TPA Belahan Tengah	12,2
		TPA Belahan Tengah	Tps 3 R Pacet	16,5	TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2
		Tps 3 R Pacet	TPA Belahan Tengah	16,5	Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2
		TPA Belahan Tengah	Medali	19,7	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		Medali	TPA Belahan Tengah	19,7	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
					TPA Belahan Tengah	Samiajeng	19
					Samiajeng	TPA Belahan Tengah	19
		Jarak Tempuh		342,6	Jarak Tempuh		343,6
11	Armroll	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4

		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Canggu Permai	21
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Canggu Permai	TPA Belahan Tengah	21
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Pasar Pelabuhan	22,6
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Pasar Pelabuhan	TPA Belahan Tengah	22,6
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	RSUD Sukandar	4,6
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	RSUD Sukandar	TPA Belahan Tengah	4,6
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Pasar Pelabuhan	22,6

		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Pasar Pelabuhan	TPA Belahan Tengah	22,6
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Sunrise Steel	18,8
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Sunrise Steel	TPA Belahan Tengah	18,8
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Perum Indra Prasta	15,4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Perum Indra Prasta	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Home Industri Jedong	13,9
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Home Industri Jedong	TPA Belahan Tengah	13,9

		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4

		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4	TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4	TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4			
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4			
		TPA Belahan Tengah	TPST Kauman	4			
		TPST Kauman	TPA Belahan Tengah	4			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			
		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			

		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			
		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			
		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			
		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST Adisono	3,9			
		TPST Adisono	TPA Belahan Tengah	3,9			
		TPA Belahan Tengah	TPST London	4,4			

		TPST London	TPA Belahan Tengah	4,4			
		TPA Belahan Tengah	SMAN 1 Pungging	4,3			
		SMAN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3			
		TPA Belahan Tengah	Kantor DLH	5,6			
		Kantor DLH	TPA Belahan Tengah	5,6			
		TPA Belahan Tengah	RS. Arofa	5,2			
		RS. Arofa	TPA Belahan Tengah	5,2			
		TPA Belahan Tengah	SMPN 1 Pungging	4,3			
		SMPN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3			
		Jarak Tempuh		238,4	Jarak Tempuh		343,6
12	Armroll	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Canggu Baru	15,4

		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Canggu Baru	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Pondok Amanatul Umma	14,4
		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Pondok Amanatul Umma	TPA Belahan Tengah	14,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Pasar Kedung Maling	24
		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Pasar Kedung Maling	TPA Belahan Tengah	24
		TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Home Industri Jedong	13,9
		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Home Industri Jedong	TPA Belahan Tengah	13,9
		TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Perum Kharisma	24,1

		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Perum Kharisma	TPA Belahan Tengah	24,1
		TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4	TPA Belahan Tengah	Kantor DLH	5,6
		Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4	Kantor DLH	TPA Belahan Tengah	5,6
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	PT LNK	2,5
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	PT LNK	TPA Belahan Tengah	2,5
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	Hotel Sun Palace	24,1
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	Hotel Sun Palace	TPA Belahan Tengah	24,1
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	PT Sidojodo	15,4
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	PT Sidojodo	TPA Belahan Tengah	15,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4

		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	SMPN 1 Pungging	4,3
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	SMPN 1 Pungging	TPA Belahan Tengah	4,3
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2	TPA Belahan Tengah	Pasar Sawahan	9,4
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2	Pasar Sawahan	TPA Belahan Tengah	9,4
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2			
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2			

		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2			
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Raya	5,2			
		Pasar Raya	TPA Belahan Tengah	5,2			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3			
		Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3			
		Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3			
		TPA Belahan Tengah	Pasar Buah/Ikan	5,3			

		Pasar Buah/Ikan	TPA Belahan Tengah	5,3			
		Jarak Tempuh		259	Jarak Tempuh		343,8
Total Jarak Tempuh				3850,1	Total Jarak Tempuh		3882,4
Nilai Fairness				87,361	Nilai Fairness		67,156
Selisih				20,205			
%Selisih				23,12			