TESIS

"OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERDASARKAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN *FUZZY TIME WINDOWS*"

Siti Dinar Rezki Ramadhani

19916031

PROGRAM PASCASARJANA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERDASARKAN VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN FUZZY TIME WINDOWS

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperolehGelar Magister Teknik (M.T.)
Pada Program Studi Magister Teknik IndustriFakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh:

Siti Dinar Rezki Ramadhani

19916031

Yogyakarta, 04 April 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERDASARKAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN *FUZZY TIME WINDOWS*

TESIS

Disusun Oleh:

Nama : Siti Dinar Rezki Ramadhani
No. Mahasiswa :19916031

Tesis Telah Diuji oleh Panitia Penguji
Program Studi Teknik Industri Program Magister
Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia Pada Tanggal 11 April 2022.

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T.,M.Sc.,Ph.D
Ketua

Dr.Ir. Elisa Kusrini, M.T., CPIM, CSCP
Anggota I

Winda Nur Cahyo, S.T.,M.T., Ph.D
Anggota II

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Winda Nur Cahyo, S.T.,M.T., Ph.D

ABSTRAK

Distribusi merupakan kegiatan pengiriman suatu produk yang sangat penting bagi perusahaan, untuk menghantarkan suatu produk sampai ke tangan konsumennya. Penelitian ini membahas *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRP-TW) dengan memperhatikan jam pengantaran untuk mengukur ketidak pastian kedatangan kendaraan. Tujuan dari penelitian untuk membuat algoritma agar mengetahui rute terpendek dari metode algoritma genetika (AG) dan memaksimalkan nilai ketidak pastian kedatangan kendaraan *Fuzzy time windows*. Performa algoritma dapat ditentukan dengan membandingkan nilai optimum yang diperoleh dari metode AG dengan nilai *fuzzy time windows*. Hasil dari penelitian diketahui mampu mengoptimalkan waktu tempuh dengan waktu penyelesaian yang singkat. Usulan rute VRPTW distribusi yang optimal metode algoritma genetika with fuzzy time windows adalah 6 hari dalam waktu tempuh selama 29.6 jam mampu menghemat waktu sebanyak 15% dari rute awal perusahaan. Solusi penelitian untuk pemaksimalan tingkat kepuasaan ritel dengan pendekatan *Fuzzy Time Windows* ialah selama 6 dengan total tingkat ketepatan sebesar 89.3% dari ketepatan rute perusahaan sebesar 61.8%. Pada kegiatan distribusi juga pada akhirnya akan berpengaruh pada waktu dan ketepatan kedatangan armada distribusi.

Kata kunci : VRP, CVRP-TW, Time Windows, Algoritma Genetika, *Fuzzy Time Windows*

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini asli adalah dari tulisan penulis asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau dari tulisan penulis lain kecuali referensi atas material yang telah disebutkan di dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut telah secara eksplisit telah disebutkan di dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis stastistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara ekplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapat izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta,17 Mei 2022



Siti Dinar Rezki Ramadhani

HALAMAN MOTTO

"Allah Tidak akan Menguji Hamba-Nya di Luar Kemampuan, di Balik Kesulitan Biasanya akan Ada Kemudahan."

“Aku tak punya bakat khusus apapun. Aku cuma punya rasa penasaran dan ingin tau yang menggebu-gebu.”

-Albert Einstein-

“Percuma memiliki IQ tinggi tapi jika anda pemalas. Yang penting sehat dan mau berkorban untuk meraih apa yang diinginkan”

-BJ. Habibie-

AYOK BISA, YOK

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirohim

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini tidak akan terwujud tanpa ada dukungan dari berbagai pihak, dan penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini mengalami banyak kesulitan dan hambatan. Maka dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa syukur dan mengucapkan banyak terimakasih serta penghargaan yang tak terhingga kepada :

1. Allah swt yang selalu senantiasa melimpahkan nikmat dan karunia-Nya kepada penulis.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis untuk menghasilkan karya tulis yang berupa tesis ini.
3. Segenap Dosen dan staff serta karyawan/wati program pascasarjana fakultas teknologi industri, UII yang telah memberikan pelayanan terbaik kepada penulis.
4. Kedua orang tua dan keluarga tercinta penulis yang selalu memberi dukungan baik moral dan material secara ikhlas.
5. Bapak Meyriyanto selaku kepala bidang pemasaran PDAM Kulon Progo yang telah mengizin kan penulis untuk melakukan penelitian dan memberikan kemudahaan untuk penulis dalam melaksanakan penelitian.
6. Mas Gino dan mas dhika selaku tim distribusi dan pendamping saat melakukan observasi pengambilan data di PDAM Kulon Progo. Serta seluruh karyawan PDAM yang berada di pabrik.
7. Teman saya Increadible 2015 UIN yang selalu senantiasa untuk berpendapat, bertukar pikiran, mendukung, dan membantu penulis dalam mengerjakan tesis.
8. Aletia Nurul Aisyah dan Hafishta Aryunda selaku rekan yang telah membantu penulis untuk mengkoreksi tulisan tesis ini.
9. Mba Novri dari kelas blok yang selalu memantau progres, berdiskusi dan memberi dukungan kepada saya.
10. Teman angkatan 28 Reguler MTI yang telah membatu dan mendukung penulis dalam penggarapan tesis ini.
11. Seluruh pihak yang telah berperan dan berpartisipasi dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata penulis juga meyadari penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan kata dan informasi yang tidak berkenan di hati pembaca. Kritik dan saran yang bersifat membangun, senantiasa penulis

harapkan dan terima dengan terbuka. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berfikir serta dapat dijadikan sebagai sumber referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya dibidang Teknik Industri.

Yogyakarta, 06 April 2022

Penulis.

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI ii
ABSTRAK iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN iv
HALAMAN MOTTO v
KATA PENGANTAR vi
Daftar IsiDaftar Gambar x
Daftar Tabel xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah Penelitian 4
BAB I I TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Kajian Induktif 6
2.2 Kajian Deduktif 15
2.2.1 Distribusi 15
2.2.2 Vehicle Routing Problem (VRP) 16
2.2.3 Algoritma Genetika 20
2.2.4 Fuzzy VRP dengan Time Windows 22
BAB III METODE PENELITIAN 28
3.1 Objek Penelitian 28
3.2 Jenis Data 28
3.3 Metode Pengumpulan Data 29
3.4 Variabel Penelitian 30
3. 5 Pengolahan Data 31
3.6 Kerangka Alir Penelitian 35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 39
4.1 Pengumpulan data 39
4.1.1 Profil Perusahaan 39
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan 40
4.1.3 Produk AMDK Air Ku 41
4.1.4 Proses Distribusi 42
4.1.5. Formulasi Masalah 43
4.1.5.1 Pengembangan Model Matematis / Algoritma CVRP dengan Fuzzy Time Windows 44
4.1.5.2 Penentuan Fungsi Tujuan 47
4.1.5.3 Penetapan Fungsi Kendala 49
4.1.6 Data Alamat Toko/Ritel 51

4.1.7 Matriks total waktu perjalanan dari Gudang dan Toko 58
4.1.8. Time windows Toko/ Ritel, Waktu Tolerance dan Ideal Toko 61
4.3 Pengolahan Data 64
4.3.1. Rute Perusahaan 64
4.3.2. Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan 64
4.3.3. Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows 68
4.3.2.1 Proses Algoritma Genetika. 68
4.3.3. Algoritma Genetika dengan Fuzzy Time Windows 76
4.3.3.1 Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows 76
BAB V PEMBAHASAN 105
5.1 Algoritma Genetika 105
5.2 Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows 107
5.3 Perbandingan Waktu Rute Awal Perusahaan dengan Pengolahaan Algoritma Genetika with *Fuzzy Time Windows* 110
BAB IV PENUTUP 112
6.1. Kesimpulan 112
6.2. Saran 112
Daftar Pustaka 114
LAMPIRAN 118

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Algoritma Penyelesaian Vehicle Routing Problem 18
Gambar 2. 2 Alur Algoritma genetika secara umum 22
Gambar 2. 3 Kurva Trapesium 24
Gambar 3. 1 Peta Ritel /Toko AMDK 28
Gambar 3. 2 Diagram Alir pengklasteran berdasarkan kapasitas 33
Gambar 3. 3 Diagram Alur metode algoritma genetika 32
Gambar 3. 4 Diagram alur penentuan nilai fuzzy kepuasan distribusi 34
Gambar 3. 5 Kerangka Alur Penelitian 35
Gambar 4. 1 lambang perusahaan 40
Gambar 4. 2 Produk AirKu 41
Gambar 4. 3 Sistem distribusi AMDK Air Ku KP 42
Gambar 4. 4 maps Toko/Ritel Airku 52
Gambar 4. 5 Gen AG 69
Gambar 4. 6 Kode algoritma nearest neighbor 70
Gambar 4. 7 Hasil dari kode nearest neighbor 70
Gambar 4. 8 Kode Proses Pencarian Parent / kromosom induk untuk menampilkan perulangan nilai Fitness 72
Gambar 4. 9 kode nilai fitness 72
Gambar 4. 10 iterasi program fuzzy time masing-masing ritel 73
Gambar 4. 11 Kode Proses Crossover perkalian gen 74
Gambar 4. 12 Kode Proses Mutasi 75
Gambar 4. 13 Kode menampilkan rute terbaik pada kromosom 75
Gambar 4. 14 grafik nilai Obyektif rute 1
Gambar 4. 15 grafik nilai fitness rute 1 76
Gambar 4. 16 Rute 1 dan Gambar 4. 17 Output hasil rute 1 76
Gambar 4. 18 grafik nilai Obyektif rute 2 dan Gambar 4. 19 grafik nilai Fitness rute 2 79
Gambar 4. 20 Rute 2 dan Gambar 4. 21 Output hasil rute 2 79
Gambar 4. 22 rute 3 dan Gambar 4. 23 Output hasil Rute 3 82
Gambar 4. 24 grafik nilai Obyektif rute 4 dan Gambar 4. 25 grafik nilai Fitness rute 4 83
Gambar 4. 26 Rute 4 dan Gambar 4. 27 Output Hasil Rute 4 83
Gambar 4. 28 Rute 5 dan Gambar 4. 29 Hasil rute 5 85
Gambar 4. 30 Rute 6 dan Gambar 4. 31 Hasil Rute 6 86
Gambar 4. 32 grafik nilai Obyektif rute 7 dan Gambar 4. 33 grafik nilai Fitness rute 7 87
Gambar 4. 34 Rute 7 dan Gambar 4. 35 Hasil Rute 7 88
Gambar 4. 36 Rute 8 dan Gambar 4. 37 Hasil rute 8 90
Gambar 4. 38 grafik nilai Obyektif rute 9 dan Gambar 4. 39 grafik nilai Fitness rute 9 91
Gambar 4. 40 Rute 9 dan Gambar 4.41 Hasil Output rute 9 91
Gambar 4. 42 grafik nilai Obyektif rute 10 dan Gambar 4. 43 grafik nilai Fitness rute 10 93
Gambar 4. 44 Rute 10 dan Gambar 4. 45 Hasil rute 10 93

Gambar 4. 46 grafik nilai Obyektif rute 11 dan Gambar 4. 47 grafik nilai Fitness rute 11 . 95
Gambar 4. 48 Rute 11 dan Gambar 4. 49 Hasil output rute 11 95
Gambar 4. 50 grafik nilai Obyektif rute 12 dan Gambar 4. 51 grafik nilai fitness rute 12 ... 97
Gambar 4. 52 Rute 12 dan Gambar 4. 53 Hasil output rute 12 98
Gambar 4. 54 grafik nilai Obyektif rute 13 dan Gambar 4. 55 grafik nilai Fitness rute 13 .. 99
Gambar 4. 56 Rute 13 dan Gambar 4. 57 Hasil Output rute 13 100
Gambar 4. 58 grafik nilai Obyektif rute 14 dan Gambar 4. 59 grafik nilai fitness rute 14 102
Gambar 4. 60 Rute 14 Gambar dan 4. 61 Hasil Output rute 14 102
Gambar 5. 62 kode nearest neighbor 106
Gambar 5. 63 Kode Proses Pencarian Parent / kromosom induk untuk menampilkan perulangan nilai Fitness 107
Gambar 5. 64 kode proses pencarian nilai fitness 108
Gambar 5. 65 kode mencari nilai induk proses crossover 108
Gambar 5. 66 kode proses mutasi 109

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian 14
Tabel 4. 1 daftar retailer / toko pendistribusian Airku di Kulon Progo 52
Tabel 4. 2 Matriks total waktu perjalanan 60
Tabel 4. 3 Time windows Toko/ Ritel, Waktu Tolerance dan Ideal Toko 61
Tabel 4. 4 rute awal perusahaan 64
Tabel 4. 5 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 1 65
Tabel 4. 6 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 2 65
Tabel 4. 7 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 3 66
Tabel 4. 8 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 4 66
Tabel 4. 9 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 5 67
Tabel 4. 10 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 6 68
Tabel 4. 11 Hasil Cluster awal / kromosom awal 70
Tabel 4. 12 kromosom awal 71
Tabel 4. 13 kromosom awal (rute 1) 76
Tabel 4. 14 Hasil Nilai Fuzzy Rute 1 77
Tabel 4. 15 kromosom awal (rute 2) 79
Tabel 4. 16 Hasil Nilai Fuzzy Rute 2 80
Tabel 4. 17 kromosom awal rute 3 81
Tabel 4. 18 Hasil Nilai Fuzzy Rute 3 82
Tabel 4. 19 Kromosom awal rute 4 82
Tabel 4. 20 Hasil Nilai Fuzzy Rute 4 84
Tabel 4. 21 kromosom awal (rute 5) 85
Tabel 4. 22 Hasil Fuzzy Rute 5 86
Tabel 4. 23 Kromosom awal (Rute 6) 86
Tabel 4. 24 Hasil Fuzzy Rute 6 87
Tabel 4. 25 Kromosom awal (rute 7) 87
Tabel 4. 26 Hasil nilai Fuzzy rute 7 88
Tabel 4. 27 Kromosom awal (Rute 8) 90
Tabel 4. 28 Hasil nilai Fuzzy rute 8 90
Tabel 4. 29 Kromosom awal (rute 9) 91
Tabel 4. 30 Hasil nilai fuzzy rute 9 92
Tabel 4. 31 Kromosom awal (rute 10) 93
Tabel 4. 32 Hasil nilai Fuzzy rute 10 94
Tabel 4. 33 Kromosom awal (rute 11) 95
Tabel 4. 34 Hasil nilai fuzzy rute 11 96
Tabel 4. 35 Kromosom awal (rute 12) 97
Tabel 4. 36 Hasil nilai fuzzy rute 12 98
Tabel 4. 37 Kromosom awal (rute 13) 99
Tabel 4. 38 Hasil nilai fuzzy rute 13 100
Tabel 4. 39 Kromosom awal (rute 14) 101
Tabel 4. 40 Hasil Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows 103

Tabel 5. 1 Hasil Rute sebagai populasi awal 106
Tabel 5. 2 Hasil Rute Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows 109
Tabel 5. 3 perbandingan waktu tempuh 110
Tabel 5. 4 perbandingan total fuzzy metode GA dan pemaksimalan FTW 111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahan logistik merupakan perusahaan yang menyediakan suatu layanan jasa transportasi dan distribusi produk dari tempat produk tersebut diproduksi sampai ke tempat tujuan dan meyediakan jasa penyewaan Gudang dari perusahaan lain (Garside and Cahyanti 2018). Permasalahan yang sering dihadapi perusahaan logistik dalam pendistribusian adalah menentukan rute yang tepat untuk mencapai efektivitas dan efisiensi. Rute yang benar harus ditentukan dengan baik agar produk yang dikirimkan ke pelanggan akan tiba tepat waktu, sehingga dapat meminimumkan penggunaan kedaraan, memaksimalkan kapasitas kendaraan dan meminumkkan biaya transportasi. Permasalahan dalam penentuan rute dengan suatu pengembangan model *vehicle routing problem* (VRP) untuk satu atau beberapa kendaraan yang berbeda dalam satu atau lebih depot sehingga dapat melayani konsumen yang tersebar secara geografis (Garside and Cahyanti 2018). Sedangkan transportasi sendiri merupakan aspek yang penting dari logistik dan infrastruktur bagi suatu pertumbuhan ekonomi (Affi, Derbel, and Jarboui 2018). VRP produk dalam bidang transportasi dan distribusi dapat meningkatkan kepentingan ekonomi dan kesesuaian perencanaan logistik (Mohammed et al., 2017). Berdasarkan teori tersebut dapat disimpulkan bahwa pentingnya pemilihan rute secara tepat harus dilakukan oleh perusahaan untuk meminimalkan waktu distribusi, memaksimumkan muatan kendaraan dan produk sampai tepat pada waktunya.

Penentuan permasalahan rute dapat dibagi menjadi dua metode penyelesaian yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode heuristik dibagi menjadi dua penyelesaian yaitu heuristik klasik dan metode metaheuristik. Pada metode metaheuristik mampu menghasilkan solusi yang lebih teliti sehingga diahasilkan solusi yang lebih baik dalam waktu penyelesaian yang cepat (Lin et al. 2014).

Sehingga metode metaheuristik dapat didefinisikan sebagai metode lanjut berbasis heuristik untuk menyelesaikan persoalan optimasi secara efektif dan efisien dalam permasalahan yang kompleks. Salah satu metode metaheuristik yang dapat memecahkan mpermasalahan VRP adalah metode Algoritma.

Algoritma Genetika merupakan metode metaheuristik. Algoritma Genetika (AG) adalah sistem pencarian heuristik adaptif berdasarkan ide evolusi seleksi alam dan genetik. Konsep dasar AG mengikuti sistem evolusi alami. Seleksi alam terjadi, yang membuat individu-individu terbaik bertahan (Zhang 2021). Menurut Zhang (2021), dalam penelitiannya mengusulkan hasil dari algoritma genetika (AG) lebih baik daripada rute yang ada dan algoritma sebelumnya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dikemukakan oleh Padilla et al (2018), menunjukkan bahwa pendekatan solusi yang diusulkan dengan AG mampu menyediakan rute yang layak dan efektif untuk mempertimbangkan kerusakan yang mungkin dialami oleh produk makanan yang mudah rusak selama transportasi. Metode metaheuristik dapat memberikan solusi mendekati optimal dengan waktu penyelesaian yang singkat (Gupta, Singh, and Pandey 2010). Maka, penyelelesaian penentuan rute dapat diselesaikan dengan metode metaheuristik salah satunya menggunakan metode algoritma genetika.

Penelitian mengacu pada penelitian Zheng & Liu (2006), mengenai *Fuzzy Vehicle Routing Model with Credibility Meansure and its Hybrid Intelligent Algorithm* yang kemudian perkembangan dilanjutkan oleh Brito et al (2009). Menurut Brito, et al., (2008) penyelesaian *Vehicle Routing Problem with Fuzzy Time Windows* (VRPFTW) dengan metodologi *Chance Constrained Programing (CCP)* untuk menangani ketidakpastian dan menentukan tingkat kepercayaan yang diinginkan, agar waktu perjalanan dapat menjangkau pelanggan yang masuk ke dalam jendela waktu mereka. Pada praktiknya model transportasi digunakan untuk mendistribusikan suatu *demand* berdasarkan parameter. Salah satunya dengan parameter *time windows* dimana berkaitan dengan keadaan lalu lintas, kondisi *traffic light,* dan jam pengantaran sehingga akan menyebabkan ketidak pastian

dalam distribusi dimana jam kedatangan kendaraan yang tidak statis. Model transportasi biasa kurang dapat di aplikasikan dengan tepat dalam kasus ketidak pastian transportasi maka ketidak pastian yang muncul pada parameter tersebut dapat diselesaikan dengan operasi himpunan *fuzzy*.

Penelitian sebelumnya yang memiliki tujuan standar sistem distribusi untuk menentukan rangkaian rute kendaraan yang tersedia hanya memenuhi beberapa kendala dan meminimalkan total biaya pengoperasian armada. Penelitian ini menambahkan faktor kendaraan yaitu *time widows* untuk mengatasi waktu travel, dengan memperhatikan tingkat kepadatan keadaan lalu lintas, kondisi *traffic light* dan jam pengantaran yang menyebabkan permasalahan ketidak pastian kedatangan. Penyelesaian permasalahan yang ada, peneliti membuat sebuah model dari pendekatan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk waktu toleransi yang diperbolehkan oleh toko/ritel sehingga tidak terjadi penumpukan kendaraan pada lahan parkir toko/ritel saat *loading* barang.

Penelitian ini mengangkat permasalahan VRP pada produk Air Minum dalam Kemasan (AMDK) AirKu daerah Kulon Progo. Pada perusahaan belum memiliki rute distribusi yang ditetapkan oleh perusahaan, belum mengetahui ketepatan waktu pengiriman dan terbatasnya jumlah kendaraan yang digunakan untuk distribusi produk Air Ku. Permasalahan-permasalahaan tersebut apa bila tidak ditindaklajuti akan mengakibatkan waktu yang semakin lama, ketidak tepatan waktu pengantaran dan berpengaruh pada pengeluaran biaya distribusi yang berlebih. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan model usulan terbaik, efisien, optimal untuk rute distribusi perusahaan dan dapat diterapkan pada perusahaan AMDK AirKu daerah Kulon Progo.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, didapatkan rumusan masalah penelitian, adalah sebagai berikut; "Bagaimana usulan waktu ditribusi yang optimal dengan metode algoritma genetika dan memaksimumkan persentase tingkat ketepatan toko/ritel dengan *Fuzzy Time Windows*?"

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan, diketahui tujuan yang hendak diacapai adalah sebagai berikut; "Mengetahui usulan rute waktu distribusi yang optimal dengan metode Algoritma genetika dan memaksimalkan tingkat ketepatan toko/ritel dengan *Fuzzy Time Windows*."

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil perancangan ini diharapkan mampu membantu perusahaan dalam penentuan rute untuk pendistribusian, adalah:

1. Mengetahui rute yang baik dalam pengiriman maka dapat meminimumkan waktu distribusi/pengiriman air kemasan produk Air Ku.
2. Megetahui tingkat kepuasan pelanggan atau ketepatan pengiriman kepada masing ritel/toko.
3. Dengan adanya sistem penentuan rute maka akan membantu perusahaan dalam pengelolaan distribusi atau transportasi produk air kemasan Air Ku.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Penulis menetapkan batasan-batasan masalah dalam penelitian yang lebih terarah dan dapat mendukung tujuan agar tercapai, maka berikut batasan-batasan penelitian ini :

1. Penelitian ini merupakan pengembangan dari model matematis CVRP with *fuzzy time windows*
2. Studi kasus yang ditampilkan dalam penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi model dan memberikan contoh implementasi algoritma genetika with fuzzy time widows pada kasus dunia nyata.
3. Studi kasus dilakukan di perusahaan AMDK Produk Air Ku yang berada di Kulon Progo
4. Jumlah toko / ritel yang telah ditentukan dari perusahaan
5. Jumlah kendaraan yang tersedia telah ditentukan oleh perusahaan
6. Kapasitas kendaraan yang tersedia telah ditentukan oleh perusahaan
7. Jendela waktu (jam buka tutup toko).
8. Pendekatan fuzzy VRP menggunakan model *fuzzy trapezium* berdasalkan waktu *tolerance* dan waktu *ideal* toko.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Penelitan mengenai penentuan rute pada distribusi produk *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan berbagai kendala dan berbagai metode penyelesaian telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitan terdahulu berguna untuk bahan rujukan dan studi literatur mengenai tujuan, metode dan pembaruan untuk penelitian ini. Penelitan – penelitian terdahulu tersebut antara lain ialah Zheng & Liu (2006), Brito, J.,et al. (2009), Cao & Lai (2010), Brito., et al. (2012), Sandhya & V (2014), Li & Wu (2016), Sicilia., et al. (2016), Tirkolaee., et al. (2017), Haerani., et al. (2017), Kuo & Nugroho (2017), Padilla., et al. (2018), Navazi., et al. (2019), Affi., et al. (2018), Garside & Cahyanti (2018), Mazzuco., et al. (2018), Zulvia., et al. (2020), Sumadi.,et al. (2018), Abdurrahman., et al (2019), dan Zhang (2021).

Penelitian Zheng & Liu (2006) mengenai *fuzzy-VRP* yang dilatarbelakangi oleh pentingnya layanan distributor untuk merancang strategi distribusi yang efisien. Penelitian Zheng & Liu (2006) memiliki tujuan untuk meningkatkan layanan pelanggan dan mengurangi biaya transportasi dengan menggunakan metode *hybrid intelligent algorithm* yang menghasilkan perutean optimal dengan jendela waktu untuk meminimumkan total jarak tempuh. Kemudian memberikan keefektifan rute yang ditunjukan oleh beberapa contoh data numerik (data masih bersifat asumsi peneliti) pada penelitiannya.

VRP with Fuzzy Time Windows pernah diteliti oleh Brito, J.,et al. pada tahun 2009 dengan menggunakan metode *Greedy Adaptif* yaitu metode *heuristic*. Penelitian Brito dimotivasi oleh manajemen logistik untuk meningkatkan kualitas layanan dan mengurangi biaya transportasi. Tujuan

standar untuk menentukan rute yang memenuhi beberapa kendala dan memimalkan total biaya pengoprasian armada menggunakan *fuzzy* waktu segitiga. Pada hasil waktu tempuh memberikan penyelesaian waktu yang singkat data mendapatkan solusi yang lebih baik dari pada Zheng & Liu (2006).

Penelitian Cao & Lai (2010) mengemukakan riset permasalahan VRP with *fuzzy demands* menggunakan metode *hybrid intelligent algorithm*. Penelitian mengemukakan bahwa kendaraan tidak diharuskan kembali ke depot distribusi setelah melayani pelanggan terakhir pada rutenya. Tujuan dari penelitian ialah untuk merancang algoritma cerdas hibrida yang digunakan untuk meminimumkan total jarak diatribusi. Pada penelitian Cao dan Lai belum terdapat implementasi sacara nyata namun peneliti mengemukakan index dari operator (supir) sangat berpengaruh terhadap panjang rute yang direncanakan.

Penelitian yang dilakukan Brito., et al. (2012) di motivasi oleh sistem pendukung untuk logistik dan perencanaan transportasi harus menghadapi peningkatan kompleksitas pembangunan mereka dalam lingkungan yang dinamis dengan perubahan yang cepat dan tingkat ketidakpastian yang tinggi. Tujuannya menyajikan beberapa model *fuzzy* untuk masalah perencanaan rute transportasi dalam penyelesaian ketidak tepatan atau fleksibilitas menggunkan pendekatan *fuzzy* waktu segitiga baik dari *demand, fuzzy times, dan min fuzzy route cost*. Penelitian mengusulkan versi fuzzy VRP dengan data yang tidak tepat, menawarkan model dan metode baru untuk menyelesaikan perutean kendaraan yang tidak jelas dengan masalah yang lebih sederhana, dan memvalidasi pendekatan solusi menggunakan contoh numerik sederhana.

Selanjutnya penelitian Sandhya & V (2014) yang mengintegrasikan system fuzzy dan metode Ant Colony untuk masalah perutean kendaraan dengan *fuzzy time windows.* Penelitian dilatarbelakangi oleh pelanggan yang membutuhkan layanan dalam periode waktu tertentu maka dari itu tujuan penelitian untuk mendapatkan waktu tempuh fuzzy dengan menggunakan

metode *ant colony*. algoritma semut digunakan untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal untuk masalah yang memiliki durasi waktu secara waktu yang wajar. Disimpulkan bahwa metode *ant colony* memberikan hasil yang lebih baik dari pada pendekatan. Perbandingan lebih lanjut antara tingkat kepercayaan yang berbeda dilakukan untuk menunjukkan pengaruhnya pada jarak total dan disimpulkan bahwa nilai indeks preferensi yang lebih tinggi menyebabkan biaya yang lebih tinggi. Perbandingan penelitian Zheng & Liu (2006), Brito, J.,et al.(2009) membantu pembuat keputusan hasil yang berbeda berdasarkan murahnya dan ketahanannya.

Penelitian Li & Wu (2016) dengan objek studi kasus rute distribusi minyak sulingan mengangkat masalah *inventory routing*. Penelitian Li dan Wu membuat rencana distribusi dengan waktu minimum untuk hasil minyak penyulingan. Keseimbangan waktu kerja setiap kapal tanker seringkali perlu dipertimbangkan dalam pengaturan skema pengiriman minyak yang sebenarnya. Pemecahaan masalah dari penelitian Li dan Wu ialah keseimbangan yang di modelkan dengan aplikasi lingo untuk *output* waktu tercepat. Model dan algoritma dalam penelitiannya memberikan landasan teoritis untuk perumusan rencana distribusi minyak.

Penelitian Sicilia., et al. (2016) dilakukan pada distribusi perusahaan transportasi barang di daerah perkotaan yang besar di Spanyol. Dilatar belakangi oleh tindakan penjemputan dan pengantaran di daerah perkotaan mewakili sekitar 40% dari total biaya kegiatan transportasi yang dilakukan di rumah. Pengeluaran tersebut semakin meningkat dengan pengurangan stok, ukuran barang dan dengan peningkatan jumlah permintaan. Tujuan dari penelitian Sicilia., et al untuk pengurangan biaya dengan meminimalkan jarak dan mengurangi jumlah kendaraan yang digunakan selama kualitas pelayanan kepada pelanggan optimal dan keseimbangan beban antar kendaraan tetap terjaga. Pada penelitiaan Sicilia., et al, tidak hanya mampu menyelesaikan

kasus dunia nyata dengan ratusan pesanan secara efisien tetapi juga menghitung solusi dalam waktu yang wajar.

Penelitian selanjutnya adalah Tirkolaee., et al. (2017), yang dilatar belakangi distribusi produk dalam rantai pasokan dengan kualitas tertinggi adalah salah satu kegiatan kompetitif terpenting dalam industri dengan produk yang mudah rusak. Perusahaan harus memberikan banyak perhatian pada distribusi selama desain rantai pasokan optimal mereka. Penyeleasaian masalah dengan membangun algoritma menggunakan aplikasi CPLEX, metode mixed integer linear programming (MILP). Dalam penelitian Tirkolae., et al. menggunakan data asumsinya menghasilkan minimum total waktu layanan kepada pelanggan, jumlah penggunaan kendaraan biaya, dan biaya penalti awal dan keterlambatan (Total biaya).

Haerani., et al. (2017) penelitiannya dilatarbelakangi pada kegiatan pihak distro sering mengalami kendala biaya transportasi yang memiliki proporsi yang besar terhadap total harga pokok penjualan barang atau produk. Tujuan penelitian yaitu menentukan total biaya transportasi dan meminimumkan rute distribusi. Biaya yang dikeluarkan untuk proses transportasi mencapai 50,8% dari total biaya rantai pasok. Tujuannya ialah untuk menentukan rute terpendek menggunakan metode algoritma genetika dengan hasil *travel time* 7 jam 2 menit.

Khusus penelitian yang dilakukan Kuo & Nugroho (2017), mengambil objek distribusi produk-produk yang mudah rusak menggunakan metode algoritma genetika (AG) dan *gradient evolution* (GE). Penanganan proses distribusi untuk produk yang mudah rusak semakin diminati oleh banyak peneliti karena kompleksitas masalah yang disebabkan oleh karakteristik produk. Selama proses distribusi, kualitas produk akan menurun karena waktu tempuh. Dengan menyeimbangkan beban kendaraan, penelitian bertujuan untuk meminimalkan biaya dan juga mempertimbangkan ketidakpastian waktu tempuh. Metode yang diusulkan diverifikasi menggunakan dua metode dari

kumpulan data dan dibandingkan GE dengan AG menunjukan bahwa metode AG mampu memberikan hasil yang lebih baik dalam waktu komputasi yang lebih singkat.

Pada penelitian Padilla., et al. (2018) mengambil tema VRP untuk meminimasi total produk makanan yang mudah rusak dan meminimumkan jarak tempuh. Penelitan dimotivasi karena pembusukan alami oleh makanan yang terjadi begitu cepat sehingga mudah rusak dan meningkatnya permintaan pelanggan akan produk berkualitas tinggi, mendorong dimasukkannya masalah mudah rusak dalam masalah rute kendaraan. Pada kasus yang diteliti terdapat 10 contoh khusus dari literatur ke rute kendaraan dengan jendela waktu. Penelitian menyimpulkan pada kasus note ukuran kecil diselesaikan menggunakan metode *augmented -constraint* (AUGMECON) dan untuk kasus ukuran besar penelitian Padilla., et al menerapkan for *non-dominated sort genetic algorithm* (NSGA-II).Hubungan antara produk rusak dan jarak tempuh menunjukkan bahwa pendekatan solusi yang diusulkan adalah rute yang dapat dicapai optimum. Oleh karena itu, model pada penelitian menyediakan pembuat keputusan dengan metode dapat menjadi efektif dalam penentuan rute kendaraan yang mempertimbangkan kerusakan yang mungkin dialami oleh produk makanan yang mudah rusak selama transportasi.

Navazi., et al. (2019) melakukan penelitian yang di motivasi perusahaan yang harus mengontrol aktivitasnya untuk mengurangi emisi CO2 dan konsumsi energi. Penelitian juga mengemukakan produk yang rusak dibagi menjadi 2 yaitu; produk yang mudah rusak dan produk yang membusuk, di mana produk yang mudah rusak dengan masa simpan terbatas dalam jangka waktu harus dipertimbangkan. Maka dari itu tujuannya mininimalkan total biaya distribusi, minimal total emisi (dampak lingkungan) / minimal konsumsi bahan bakar dan maksimalkan *level of customer satisfaction*. Penyelesaian menggunakan metode *Torabi-Hassini* dengan pemecah MIP termasuk metode *exact.* Hasil dari penelitian ialah rancangan model penjadwalan

dipertimbangkan dalam masalah lokasi-routing dengan produk yang mudah rusak. Menentukan total biaya.Fungsi tujuan selanjutnya digunakan untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar dan emisi CO2. Dan fungsi tujuan terakhir ialah untuk meningkatkan kepuasan pelanggan, pengiriman tepat waktu berdasarkan prioritas pelanggan dan tanggal jatuh tempo dipertimbangkan. Dalam mengatasi fungsi multi-tujuan menggunakan metode *Torabi-Hassini* (TH) diimplementasikan, dimana hasil komputasi memvalidasi efisiensinya.

Penelitian Affi., et al. (2018) yang berjudul *Variable neighborhood search algorithm for the green vehicle routing problem* bertujuan untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar dengan metode *adaptive variable neighborhood search* (AVNS). Masalah perutean kendaraan hijau (G-VRP) ditandai dengan memeriksa area lingkungan dan perkiraan biaya untuk menerapkan rute yang efektif untuk menanggapi masalah lingkungan dan keuangan. Biaya perjalanan diberikan oleh dua besaran fisik yang dianggap mewakili jejak ekologis: pengurangan emisi gas rumah kaca (CO2) dan penghematan energi. Hasil komputasi dari penelitian menunjukkan bahwa pendekatan yang yang diusulkan memberikan hasil yang kompetitif dengan yang ada dalam literaturnya.

Pada penelitian Garside & Cahyanti (2018) untuk penyelesaian *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick Up and Delivery* dengan *Algoritma Tabu Search* dan *neighborhood* yang memecahkan permasalahan rute kendaraan dimana pengiriman dan pengambilan produk ke tiap konsumen dilakukan sekaligus. Dengan objek distribusi produk LPG 3kg untuk penghematan biaya transportasi maka dalam penelitian memberikan usulan yang diperloleh dari hasil dengan menggunakan metode *tabu search* mampu menghemat biaya transportasi sebesar 13,72% dari rute awal perusahaannya.

Penelitian selanjutnya oleh Mazzuco., et al. (2018) dengan permasalahan penjadwalan terintegrasi yang dipelajari oleh Chen dan

Vairaktarakis (2005) adalah untuk menemukan jadwal bersama produksi dan distribusi sedemikian rupa sehingga fungsi tujuan memperhitungkan tingkat layanan pelanggan dan total biaya distribusi. *Study case* penelitian ialah penjadwalan harian rute transportasi, berfokus pada uji untuk meminimalkan total biaya jarak tempuh dengan menghasilkan jarak yang ditembuh dalam scenario. Scenario terdiri dari 13 kendaraan yang melayani 100 pelanggan dalam pendekatan / metodologi VRPTW yang mengirimkan barang kepelanggan dengan metode *Simulated Annealing* (SA).

Kemudian penelitian Sumadi.,et al. (2018) pada penelitian menyelesaikan VRP menggunakan algoritma fuzzy evolusi. Sumadi., et al. mengemukakan metode AG memiliki beberapa kelemahan dalam pencarian solusi optimum. Salah satu hal yang mempengaruhi adalah penggunaan parameter yang kurang tepat dalam menyelesaikan suatu kasus pada algoritma tersebut. Salah satu solusi mengurangi kemungkinan terjadinya kondisi tersebut adalah menggabungkan AG dengan logika fuzzy. Hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian dengan melihat kinerja AFE terhadap 8 buah data menggunakan *Algoritma Fuzzy Evolusi* (AFE) dengan tujuan adalah mencari jarak terpendek, maka parameter terbaik adalah populasi 50 dan generasi 1500 karena memiki *Relative Error* (RE) yang paling kecil ialah sebesar 26%.

Abdurrahman., et al (2019) penyelesain Vehicle Routing Problem (VRP) dalam penugasan kendaraan dan penentuan rute untuk meminimasi biaya transportasi pada PT.XYZ dengan menggunakan algoritma genetika. Dalam proses transportasi sangat sesuai dengan rute, rute jalan yang dilalui mode / kendaraan menuju tujuan. Rute tentang jumlah kendaraan dan lokasi mana saja yang dilalui yang sangat penting untuk membuat aliran kecepatan barang akan menjadi lebih tinggi untuk proses distribusi barang menjadi cepat dan sering. Penelitian menghasilkan penghematan total biaya transportasi sebesar 25.62% atau Rp. 1,946,288.65 dari total pengeluaran biaya sebenarnya

dan penurunan jarak tempuh sebesar 8.504% atau sebesar 248.933 km dari jaraj tempuh sebenarnya.

Penelitan Zulvia., et al. (2020) dimotivasi dengan Beberapa produk yang mudah rusak seperti makanan dan obat-obatan memerlukan perlakuan khusus selama pengiriman karena masa pakainya yang terbatas, dan semua produk yang mudah rusak harus diangkut secepat mungkin sebelum rusak. Penyelesaian masalah peneliti mengusulkan masalah perutean kendaraan hijau (G-VRP) untuk produk yang mudah rusak yang mengoptimalkan biaya operasional, biaya kerusakan, emisi karbon dan kepuasan pelanggan dengan metode algoritma genetika dan *A Many-Objective Gradient Evolution* (MOGE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat penyegaran dan pengurangan pembusukan secara signifikan mempengaruhi hasil. Hasil perbandingan dengan algoritme lain mengungkapkan bahwa algoritme MOGE yang diusulkan berkinerja lebih baik daripada algoritme lain yang diuji dalam hal keragaman dan konvergensi.

Penelitan selanjutnya ialah penelitian yang dilakukan oleh Zhang (2021), yang dilakukan diperusahaan pelayaran dan logistik yang melayani jasa pengiriman di seluruh Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. Algoritma genetika yang ditingkatkan adalah dikembangkan dan digunakan untuk menentukan rute kendaraan. Ada satu depot utama untuk melayani 42 pelanggan dalam masalah perusahaan pengiriman dan logistik. Analisis dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rute yang diusulkan diperoleh dari peningkatan algoritma genetika (AG) lebih baik dari rute yang ada dan algoritma sebelumnya. Selain itu, penelitian dilakukan untuk menganalisis pengaruh jumlah iterasi pada jarak yang ditempuh, jumlah penalti, dan nilai fitness. Algoritma dapat diterapkan di VRPPDTW dan menghasilkan solusi yang optimal.

Penelitian terdahulu telah menampilkan permasalahan terkait dengan penentuan rute, dengan objek dan metode yang berbeda. Hal tersebut berguna sebagai bahan rujukan mengenai tujuan, metode yang digunakan dan hasil

penelitian yang akan dilakukan. Berikut merupakan tabel daftar dari penelitian terdahulu.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

No	Penulis	Fungsi Objektif						Metode Optimasi			Pendekatan Fuzzy	
		(BL)	(TCD)	(FC)	(TLCS)	(TTD)	(TDT)	Heuristik	Metaheuristik	Exact	Waktu	Demand
1	Zheng & Liu(2006)		√			√	√		√		√	
2	Brito, J.,et al. (2009)					√	√	√			√	
3	Cao & Lai (2010)	√				√				√		√
4	Brito., et al. (2012)	√				√			√			√
5	Sandhya&V (2014)						√		√		√	
6	Li & Wu (2016)						√	√				
7	Sicilia., et al. (2016)		√			√			√			
8	Tirkolaee., et al. (2017)					√				√		
9	Haerani., et al. (2017)					√			√		√	
10	Kuo & Nugroho (2017)	√	√						√			√
11	Padilla., et al. (2018)					√		√				
12	Navazi., et al. (2019)		√	√	√					√		√
13	Affi., et al. (2018)			√		√		√				
14	Garside & Cahyanti (2018)					√			√			
15	Mazzuco., et al. (2018)		√			√			√			
16	Sumadi.,et al. (2018)					√			√			√
17	Abdurrahman., et al (2019)		√			√			√			
18	Zulvia., et al. (2020)		√		√	√			√			

No	Penulis	Fungsi Objektif						Metode Optimasi			Pendekatan Fuzzy	
		(BL)	(TCD)	(FC)	(TLCS)	(TTD)	(TDT)	Heuristik	Metaheuristik	Exact	Waktu	Demand
19	Akbar & Aurachmana (2020)					√			√			
20	Zhang (2021)					√	√		√			
21	**Siti Dinar Rezki Ramadhani**				√		√		√		√	

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Distribusi

Aktifitas pengiriman dan pendistribusian produk langsung ke konsumen yang memerlukan atau menyimpan produk sebagai gudang persedian. Manajemen distribusi dan transportasi sering disebut juga dengan sebutan manajemen logistik sebagian lain ialah distribusi fisik. Apapun istilahnya, secara umum fungsi distribusi dan transportasi pada dasarnya adalah menghantarkan produk dari lokasi dimana produk tersebut diproduksi sampai dimana mereka akan digunakan (Pujawan dan Mahendra., 2010). Penyaluran atau penyebaran roda perekonomian yang merupakan pertemuan atau efek dari produksi dan konsumsi. Dalam artian, distribusi adalah menyalurkan hasil produksi dalam bentuk barang ataupun jasa dari produsen kepada konsumen (Garside dan Rahmasari., 2017).

Kegiatan transportasi merupakan bagian dari pengertian diastribusi. Namun demikian, transportasi mempunyai peranan penting bagi industry karena produsen mempunyai kepentingan agar barangnya diangkut sampai kepada konsumen tepat waktu, tempat pada tempat yang ditentukan dan barang dalam kondisi baik. Dalam system distribusi menunjukan adanya kaitan antar kegiatan dimana kegiatan transportasi

berperan sebagai mata rantainya. Dengan demikian transportasi berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan produsen dengan konsumen (Nasution., 2015).

Transportasi erat sekali kaitannya dengan pergudangan atau penyimpanan karena keduanya meningkatkan manfaat barang. Angkutan menyebabkan barang dapat berpindah dari suatu tempat ketempat lainya sehingga bisa dipergunakan di tempat barang itu tidak didapatkan, dengan demikian menciptakan manfaat tempat. Penyimpanan / pergudangan juga memungkinkan barang disimpan sampai dengan waktu yang dibutuhkan, ini berarti memberikan manfaat waktu (Nasution., 2015).

2.2.2 Vehicle Routing Problem (VRP)

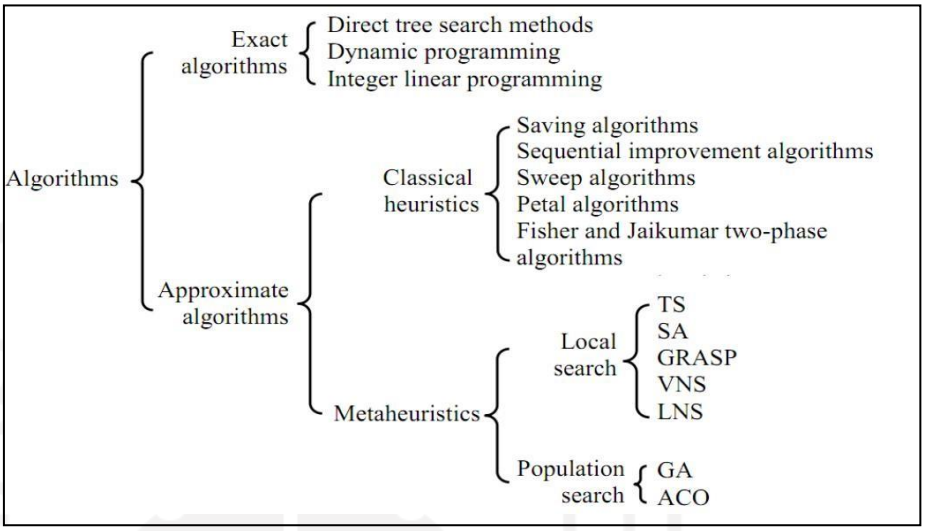
Seringkali permasalahan VRP yang ditemui lebih rumit dengan beberapa batasan yang kemudian memunculkan beberapa variasi. Berikut adalah gambaran beberapa variasi VRP(Toth dan Vigo., 2014) :

a. *Capacitated* VRP (CVRP), yaitu VRP dengan tambahan batasan berupa setiap kendaraan pengangkut mempunyai kapasitas yang seragam.
b. VRP *With Time Windows* (VRPTW), yaitu VRP dengan tambahan batasan berupa *time windows* yang menghubungkan antar customer dimana pada interval waktu inilah *customer* dapat dilayani.
c. Multipel Depot VRP (MDVRP), yaitu VRP dimana distributor memiliki banyak depot untuk menyuplai customer .
d. VRP *with Pick-up and Delivering* (VRPPD), merupakan perluasan CVRP dimana barang diambil dari suatu lokasi (jemput) untuk kemudian diantar kelokasi yang lain (antar) oleh kendaraan yang sama.
e. Periodic VRP (PVRP), yaitu VRP dimana pengantar hanya

dilakukan di hari tertentu .

f. VRP *with Heterogeneous Fleet of Vehicles*, yaitu VRP dimana kapasitas kendaraan antar kendaraan satu dengan yang lain tidak selalu sama. Jumlah dan tipe kendaraan diketahui .
g. *Split Delivery* VRP (SDVRP), yaitu VRP dimana *customer* yang sama dapat dilayani kendaraan berbeda jika hal tersebut mampu mengurangi biaya.
h. VRP *with Bachaul* (VRPB). Merupakan perluasan CVRP dimana *customer* dibagi dua bagian yakni *linehaul customer* (masing-masing *customer* menerima barang yang dikirimkan) dan backhaul *customer* (barang harus diambil dari *customer*) .
i. VRP *with Backhaul and Time Windows* (VRPBTW). Merupakan VRP dengan *linehaul* dan *backhaul customer* dimana *customer* harus dilayani dalam interval waktu tertentu .
j. VRP *with Pick-up and Delivery and TimeWindows* (VRPPDTW) merupakan dimana barang diambil dari suatu customer / lokasi (jemput) untuk kemudian diantar ke *customer* / lokasi (antar) oleh kendaraan yang samadengan tambahan batasan bahwa setiap customer / lokasi memiliki interval waktu pelayanan masing-masing .

Vehicle Routing Problem (VRP) berperan untuk merancang rute dengan sejumlah kendaraan yang berbeda, dalam satu atau lebih depot dan melayani konsumen yang tersebar secara geografis (Garside and Cahyanti 2018). VRP merupakan permasalahan *NP-Hard combinatorial optimization*. Solusi optimal maupun solusi yang mendekati optimal yang dihasilkan untuk VRP dapat menggunakan metode *exact algorithms* atau *approximate algorithms* (Lin et al. 2014).



Gambar 2. 1 Algoritma Penyelesaian Vehicle Routing Problem
Sumber: (Lin et al., 2014)

Gambar di atas menunjukkan pengelompokkan algoritma. *Exact algorithms* terdiri dari 1) *direct tree search methods*; 2) *dynamic programming*; 3) *integer linear programming* (Laporte., 1992 dalam Lin et al., 2014). *Approximate algorithms* terdiri dari *saving algorithms*; 2) *sequential improvement algorithms*; 3) *sweep algorithms*; 4) *petal algorithms*; 5) *fisher and jaikumar two-phase algorithms*; 6) *improvement heuristics*.

Algoritma penentuan menurut Novinda et al., (2017) terdapat 3 jenis metode yaitu eksak, heuristic, serta metaheuristik. Berikut penjelasan ketiga algoritma tersebut;.

1. Alogaritma Eksak / Analitik

   Metode eksak merupakan Dilakukan perhitungan dari semua solusi yang mungkin kemudian memilih satu yang terbaik dari setiap kemungkinan tersebut. Algoritma yang dapat menghasilkan solusi secara langsung, dengan mencoba semua permutasi serta melihat yang termurah. Pendekatan yang dilakukan terletak pada faktor polinom dari O (n!), faktorial dari beberapa kota, sehingga solusi

menjadi tidak praktis dan hanya dapat untuk 20 kota. Alogartima yang termasuk dalam metode eksak adalah alogaritma *branch and bound*, dan alogaritma *cutting plane*.

Solusi optimal atau solusi yang mendekati optimal dilakukan umumnya menggunakan algoritma eksak namun hal ini dapat dilakukan hanya dalam masalah yang relatif kecil, sedangkan untuk skala besar dan sangat mendekati optimal dapat digunakan algoritma pendekatan (Lin et al, 2014).

2. Alogaritma Heuristik

Metode heuristik memberikan perkiraan solusi yang mendekati solusi optimal. Metode heuristik merupakan metode modern dalam menemukan solusi untuk masalah yang sangat besar (jutaan kota) dalam waktu wajar dengan probabilitas tinggi hanya 2 -3% dari solusi optimal sehingga proses perhitungan menjadi lebih cepat. Beberapa algoritma yang tergolong dalam metode heuristik yaitu algoritma *nearest neighbor*, *nearest insert*, dan masih banyak lagi.

3. Alogaritma Metaheuristik

Generasi ketiga adalah metode metaheuristik yang merupakan pengembangan dari metode heuristik, dengan melakukan eksplorasi yang lebih dalam/ meningkatkan hasil solusi terbaik dari pendektan heuristik klasik. Metode metaheuristik menyelesaikan masalah melalui satu atau lebih solusi awal, dimana solusi tersebut dibangkitkan dengan menggunakan metode heuristik klasik. Sehingga solusi yang dihasilkan jauh lebih baik dari pada hasil metode heuristik. *Genetic Algorithm* (GA), *Multiple Ant Colony System* (MACS) dan *Tabu Search* (TS) adalah tiga contoh algoritma dari metod metaheuristic. (Rahmat, 2011) .

Metode metaheuristik jauh lebih efektif dibandingkan dengan metode heuristik. Waktu proses yang dibutuhkan memang lebih lama

dan tidak diketahui secara pasti. Namun metaheuristik lebih mampu untuk menampung atau melibatkan lebih banyak parameter dalam pengolahannya.

2.2.3 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) adalah suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional (Desiani & Arhami, 2006). Algoritma Genetika merupakan metode metaheuristik. Algoritma Genetika (AG) adalah sistem pencarian heuristik adaptif berdasarkan ide evolusi seleksi alam dan genetik. Konsep dasar AG mengikuti sistem evolusi alami. Seleksi alam terjadi, yang membuat individu-individu terbaik bertahan (Zhang 2021). Metode metaheuristik dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *VRP*.

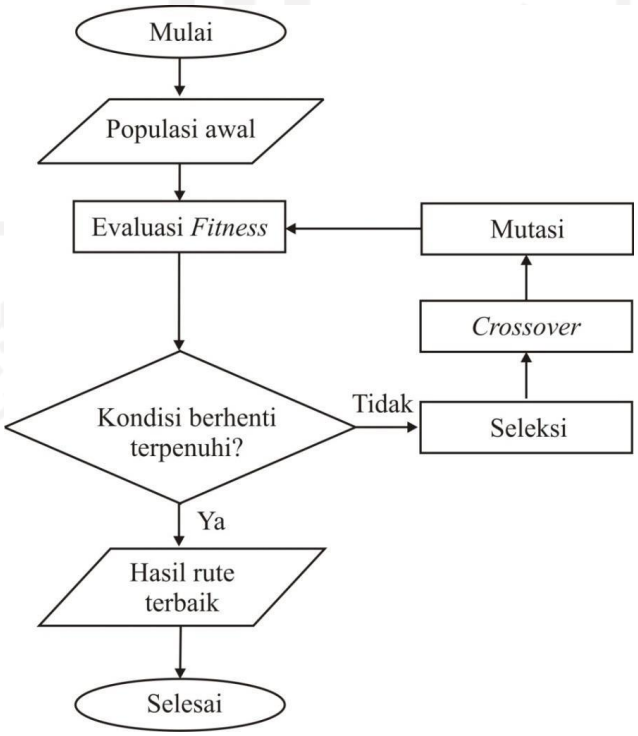
Algoritma genetika pertama kali diperkenalkan oleh John Holland (1975) dari Universitas Michigan. John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan ke dalam terminologi genetika. Goldberg mendefinisikan algoritma genetika sebagai suatu pencarian algoritma berdasarkan pada mekanisme seleksi alam dan genetika alam (Desiani & Arhami, 2006).

Beberapa definisi penting dalam algoritma genetika, yaitu:

1. Gen adalah yang mewakili variabel yang ada dalam sebuah solusi.
2. Kromosom adalah gabungan gen-gen yang membentuk nilai tertentu.

3. Individu menyatakan satu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
4. Populasi merupakan sekumpulan individu yang akan diproses bersamadalam satu siklus proses evolusi.
5. Generasi menyatakan satu satuan siklus proses evolusi.
6. Nilai *fitness* menyatakan seberapa baik nilai dari suatu individu atau solusiyang didapatkan.
7. *Offspring* merupakan penilaian yang menentukan bagus tidaknya sebuah kromosom. Kromosom yang mempunyai nilai *fitness* yang rendah pada akhirnya akan tersingkir oleh kromosom-kromosom yang mempunyai nilai*fitness* yang lebih baik.

Algoritma genetika secara umum dapat diilustrasikan dalam *flowchart*,pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Alur Algoritma genetika secara umum

Struktur algoritma genetika dapat didefinisikan Langkah-langkahnya sebagai berikut;

- Langkah awal dengan Proses mencari populasi awal, merupakan proses yang digunakan untuk membangkitkan populasi awal dapat melakukan penclusteran berdasarkan kapasitas. Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk membangkitkan populasi awal.
- Evaluasi *fitness,* Proses ini merupakan proses untuk mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai *fitness* setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria berhenti.
    - Proses seleksi merupakan proses untuk menentukan individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk dijadikan *crossover*.
    - Proses *crossover* ini merupakan proses untuk menambah keanekaragaman suatu populasi.
    - Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam satu kromosom.
- Kriteria berhenti merupakan kriteria yang digunakan untuk menghentikan proses algoritma genetika.
- Hasil merupakan seleksi optimum yang didapat oleh algoritma genetika.

2.2.4 Fuzzy VRP dengan Time Windows

Himpunan biasa biasanya didefinisikan sebagai kumpulan elemen. Setiap elemen tunggal bisa menjadi milik atau bukan milik set. Himpunan seperti itu dapat dideskripsikan dengan berbagai cara:

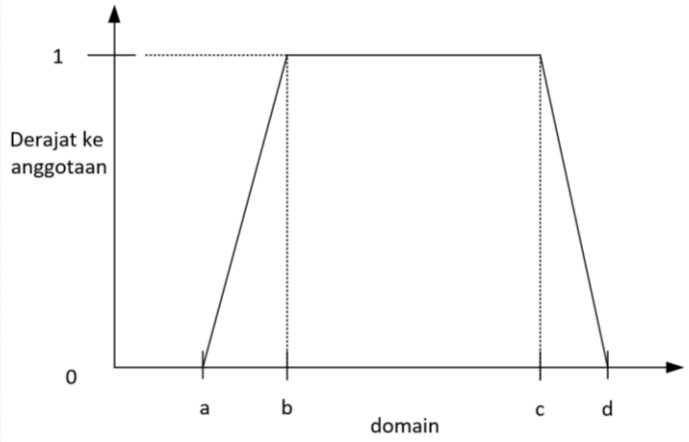
seseorang dapat mendaftar elemen-elemen itu milik himpunan; mendeskripsikan himpunan secara analitis dengan urutan persamaan dan ketidaksamaan; atau definisikan elemen anggota dengan menggunakan fungsi karakteristik, di mana 1 menunjukkan keanggotaan dan 0 bukan keanggotaan. Namun, dalam banyak kasus, keanggotaannya tidak jelas. Misalnya, " pemuda ", " terkemuka ", " serupa ", " memuaskan ", " angka besar ", " sekitar 100 m " (Zheng and Liu 2006).

Menurut Cox (1994) dalam Kusuma dan Purnomo (2013), Beberapa alasan mengapa memilih penyelesaian logika fuzzy, antara lain ialah:

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Karena logika fuzzy menggunakan dasar himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy tersebut cukup mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahaan-perubahaan, dan ketidak pastian yang menyertai permasalahaan.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogen dan kemudian beberapa data yang "*eksklusif*", maka logika fuzzy memiliki ke mampuan untuk menangani data ekslusif tersebut.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman- pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam system ini, sering dikenal dengan nama *fuzzy Expert System* menjadi bagian terpenting.

6. Logika fuzzy dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang Teknik mesin maupun Teknik elektro.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami. Logika fuzzy menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Fuzzy juga dapat di repesentasikan dengan kurva Trapesium yang menjadi pembeda dengan kurva segitiga ialah beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Kusuma dan Purnomo, 2013). Berikut gambar kurva trapezium dan fungsi keanggotaannya.



Gambar 2. 3 Kurva Trapesium

Sumber: (Kusuma and Purnomo., 2013)

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \; atau \; y \geq d \\ \dfrac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \dfrac{(d-x)}{(d-c)}; & x \geq d \end{cases}$$

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua kemungkinan, yaitu:

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Mempertimbangkan Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) dan memperluas model biasa untuk memasukkan waktu perjalanan fuzzy segitiga. Berdasarkan Brito, et al (2008) interval fuzzy untuk merepresentasikan waktu perjalanan, karena distribusi yang tepat, akan membutuhkan pengetahuan yang lebih dalam tentang instance dan biasanya menghasilkan kalkulus yang kompleks. Jika pengetahuan dapat digunakan untuk menentukan nilai yang tampaknya lebih masuk akal daripada yang lain, ekstensi alami adalah dengan menggunakan bilangan fuzzy. Model yang paling sederhana untuk variabel fuzzy tersebut adalah bilangan fuzzy triangular Variabel fuzzy segitiga diberikan oleh dukungannya [a1, a3] (himpunan nilai yang mungkin) dan modenya a2 ∈ [a1, a3] (nilai yang paling masuk akal). Bilangan fuzzy keanggotaan sebagai berikut.

$$Tr(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{x - a_3}{a_2 - a_3} & a_2 \le x \le a_3 \\ 0 & a_3 < x \end{cases}$$

Operator aritmatika biasa untuk bilangan real diperluas ke bilangan fuzzy dengan Prinsip Ekstensi melalui pemotongan α. Namun, perhitungan numerik yang dihasilkan untuk beroperasi dengan bilangan fuzzy sederhana dengan mudah menjadi sulit. Oleh karena itu, demi kesederhanaan dan traktabilitas operasi, hasil operasi aljabar dengan bilangan fuzzy segitiga didekati dengan bilangan fuzzy segitiga. Jadi pada penelitian Brito, et al (2008) bekerja dengan tiga nilai yang mendefinisikan fungsi keanggotaan bilangan fuzzy segitiga.

Jumlah dari dua bilangan fuzzy segitiga dengan Prinsip Ekstensi juga merupakan bilangan fuzzy segitiga. Prinsip ekstensi idak selalu benar untuk maksimum dan minimum dari dua bilangan fuzzy. Kemudian Brito, et al (2008), menggunakan pendekatan

$$T(a1,a2,a3) + T(b1,b2,b3) = T(a1+b1,a1+b2,a1+b3)$$

$$T(a1,a2,a3) \vee T(b1,b2,b3) = T(a1 \vee b1,a1 \vee b2,a1 \vee b3)$$

$$T(a1,a2,a3) \wedge T(b1,b2,b3) = T(a1 \wedge b1,a1 \wedge b2,a1 \wedge b3)$$

Untuk setiap $\alpha \in [0,1]$, jika $[x\alpha, x\alpha]$ adalah potongan dari $[z_\alpha, z^\alpha]$ adalah potongan α dari pendekatan segitiga maka $x\alpha \leq z\alpha$, and $z\alpha \leq x\alpha$. Oleh karena itu, maksimum nyata dan pendekatan segitiga memiliki mode yang sama dan dukungan yang sama.

VRPTW diberikan oleh satu set kendaraan identik untuk melayani satu set n pelanggan dalam waktu tertentu yang berangkat dari depot. Setiap kendaraan melewati rute yang mengunjungi sejumlah node yang memenuhi permintaan mereka sendiri. Brito, et al (2008) berasumsi bahwa:

- Setiap kendaraan memiliki container dengan batasan kapasitas dan total muatan tiap kendaraan tidak boleh melebihi masing-masing jendela waktu awal dan akhir; i = 1, 2, ..., n. [a [i], b [i]]: adalah jendela jam waktu dari pelanggan i; a [i] dan b [i] adalah kapasitasnya.

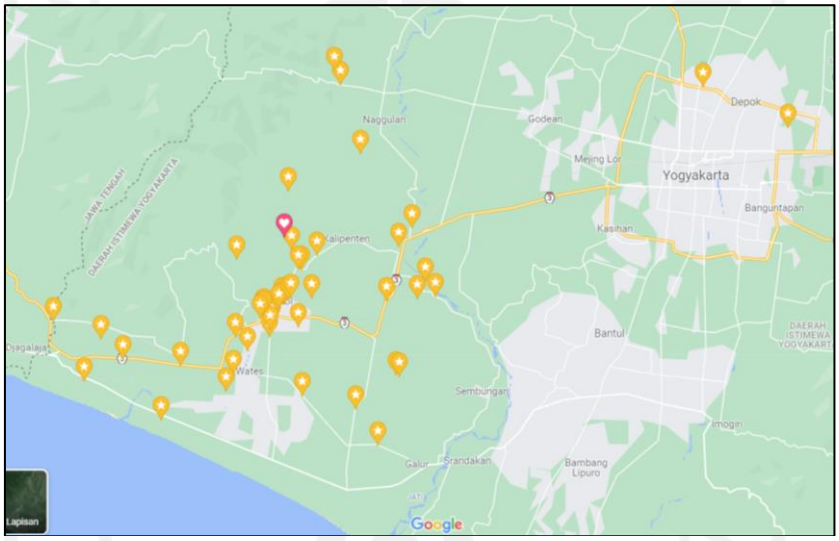
- Setiap kendaraan hanya ditugaskan ke satu rute di mana mungkin ada lebih dari satu pelanggan.
- Setiap pelanggan akan dikunjungi oleh satu dan hanya satu kendaraan.
- Setiap rute dimulai dan berakhir di depot.
- Setiap pelanggan memiliki jendela waktu di mana pengiriman diizinkan untuk dimulai.
- Waktu tempuh antar pelanggan diasumsikan sebagai variabel fuzzy triangular.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitan yang digunakan berdasarkan masalah distribusi produk AMDK AirKu. Rute produk distribusi yang tidak sistematis dan terbatasnya jumlah transportasi dengan meneliti variabel waktu distribusi dari gudang penyimpanan, serta pengiriman produk ke toko-toko yang memperhatikan jam buka tutup toko AMDK AirKu di Kulon Progo.



Gambar 3. 1 Peta Ritel /Toko AMDK

3.2 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian berupa

dan sekunder. Jenis data yang digunakan sebagai berikut :

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli / Pihak pertama, dalam hal ini adalah objek penelitian AMDK AirKu. Data primer yang digunakan pada penelitian ialah sebagai berikut :

1) Jarak dari Gudang AMDK AirKu ke agen dan agen 1 ke agen lainnya
2) Mantrix perjalanan distribusi per toko
3) Waktu pengiriman produk AMDK AirKu
4) Waktu jam buka dan jam tutup toko
5) Waktu kondisi ideal pengiriman per toko
6) Waktu toleransi yang masih diperbolehkan
7) Sistem Distribusi perusahaan AMDK AirKu.

3.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder merupakan sumber data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara seperti arsip atau laporan historis perusahaan AMDK AirKu atau instansi terkait. Data sekunder dalam penelitian ialah sebagai berikut;

1) Data permintaan AirKu.
2) Titik Koordinat / alamat agen AMDK AirKu Kulon Progo
3) Data Biaya distribusi perusahaan AMDK AirKu.
4) Kapasitas dan jumlah alat angkut yang digunakan untuk distribusi AMDK AirKu.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data terdapat beberapa metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.3.1. Metode Wawancara

Metode wawancara dilakukan secara langsung oleh peneliti di lapangan dengan teknik wawancara dilakukan untuk mengetahui gambaran umum perusahaan khususnya permasalahan distribusi AMDK AirKu.

3.3.2. Metode Observasi

Observasi adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara meneliti atau mengamati objek AMDK AirKu secara langsung.

Observasi di dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui waktu transportasi, waktu buka tutup toko, keadaan lalu lintas, tempat pendistribusian, dan hambatan yang terjadi pada pendistribusian AMDK AirKu.

3.3.3. Studi Literatur

Studi literatur merupakan penunjang penelitian yang dapat mendukung dalam pengumpulan data dan pembahasan objek distribusi AMDK AirKu, yaitu dengan cara mempelajari penelitian terdahulu, tema penelitian dengan literatur yang terkait.

3.4 Variabel Penelitian

Adapun variable penelitian data yang digunakan beberapa variable ialah sebagai berikut :

3.4.1. Variabel jarak : Merupakan variabel yang ditujukan untuk menentukan rute yang akan dilewati dengan pertimbangan jarak tempuh alat angkut, hal ini nantinya akan berdampak pada biaya, waktu, dan kepuasan pelanggan, sehingga variabel jarak merupakan variabel yang sangat penting dalam menentukan rute yang akan dilewati, satuan variable jarak adalah Kilometer.

3.4.2. Variabel waktu : Pada variabel waktu disini yang dimaksudkan adalah waktu dalam jam buka dan tutup toko, sehingga dari waktu tersebut dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan rute distribusi, lama waktu *traffic light* dan jam pengantaran serta lama waktu pelayanan setiap toko, satuan variable waktu adalah menit.

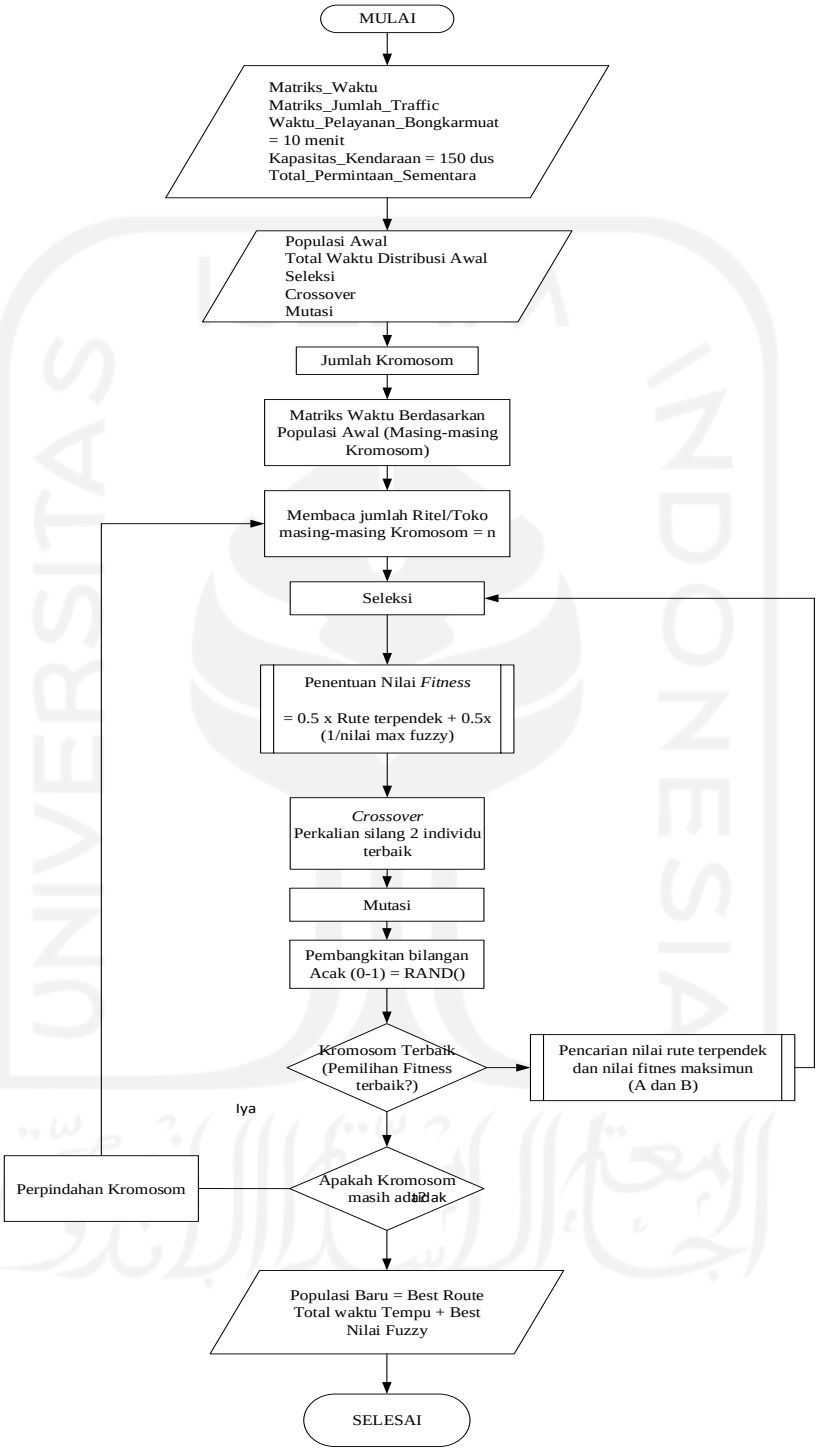
3.4.3. Variabel permintaan : Pada variabel permintaan disini yang digunakan adalah permintaan dari toko-toko yang akan dikunjungi, dari permintaan per toko di sini akan dapat menentukan berapa barang yang akan dimuat oleh alat angkut, satuan variable permintaan adalah kilogram.

3.4.4. Variabel kapasitas : Pada variabel kapasitas yang digunakan adalah kapasitas dari alat angkut itu sendiri, yang menyatakan seberapa besar atau seberapa banyak barang yang dapat dimuat oleh alat angkut tersebut, sehingga jumlah barang yang akan dimuat harus disesuaikan antara permintaan per toko dengan kapasitas dari alat angkut untuk menghindari adanya overload pada angkutan, satuan variable kapasitas adalah kilogram.

3. 5 Pengolahan Data

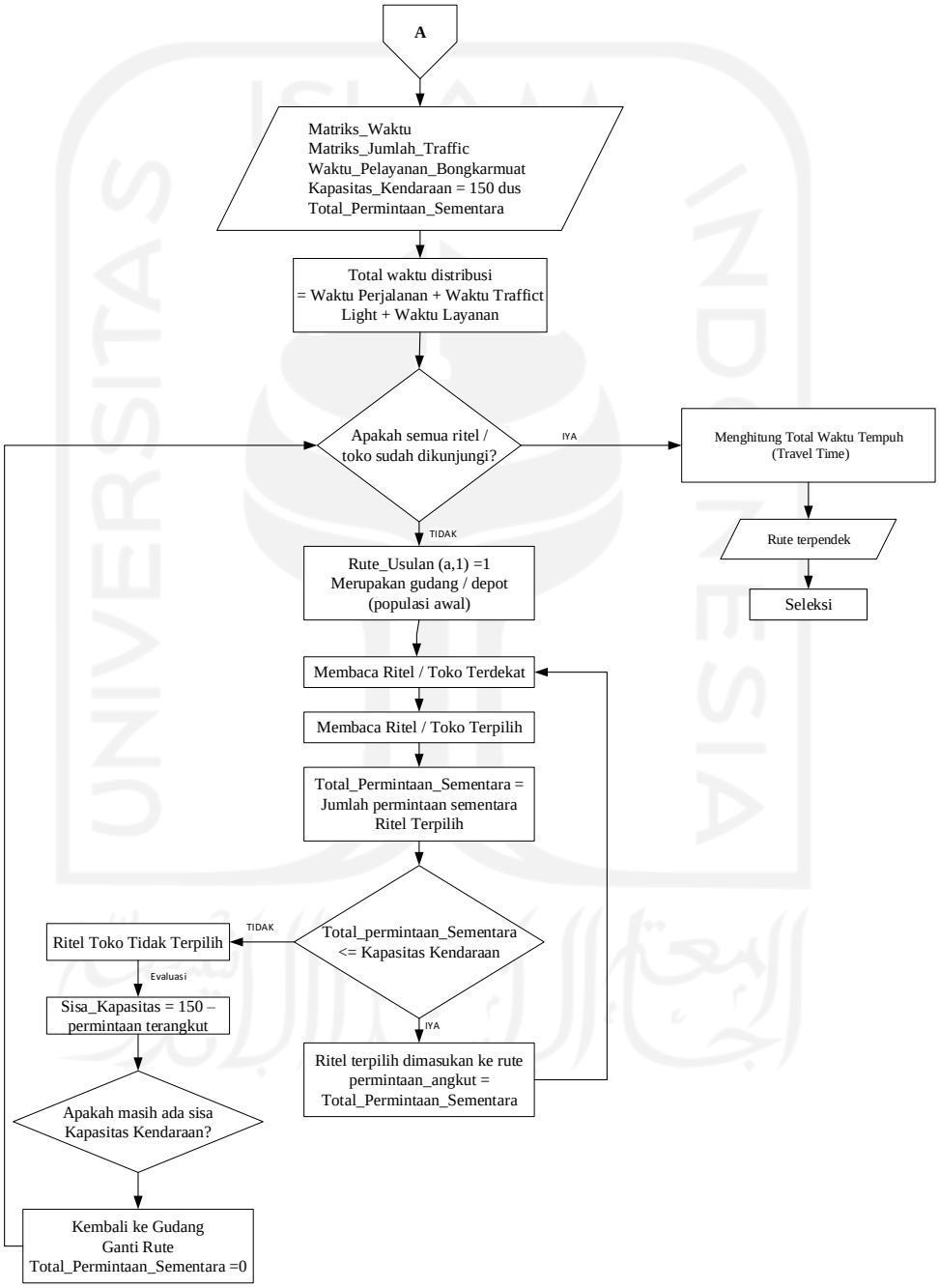
Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut;

1. . Penentuan Rute Metode Algoritma Genetika



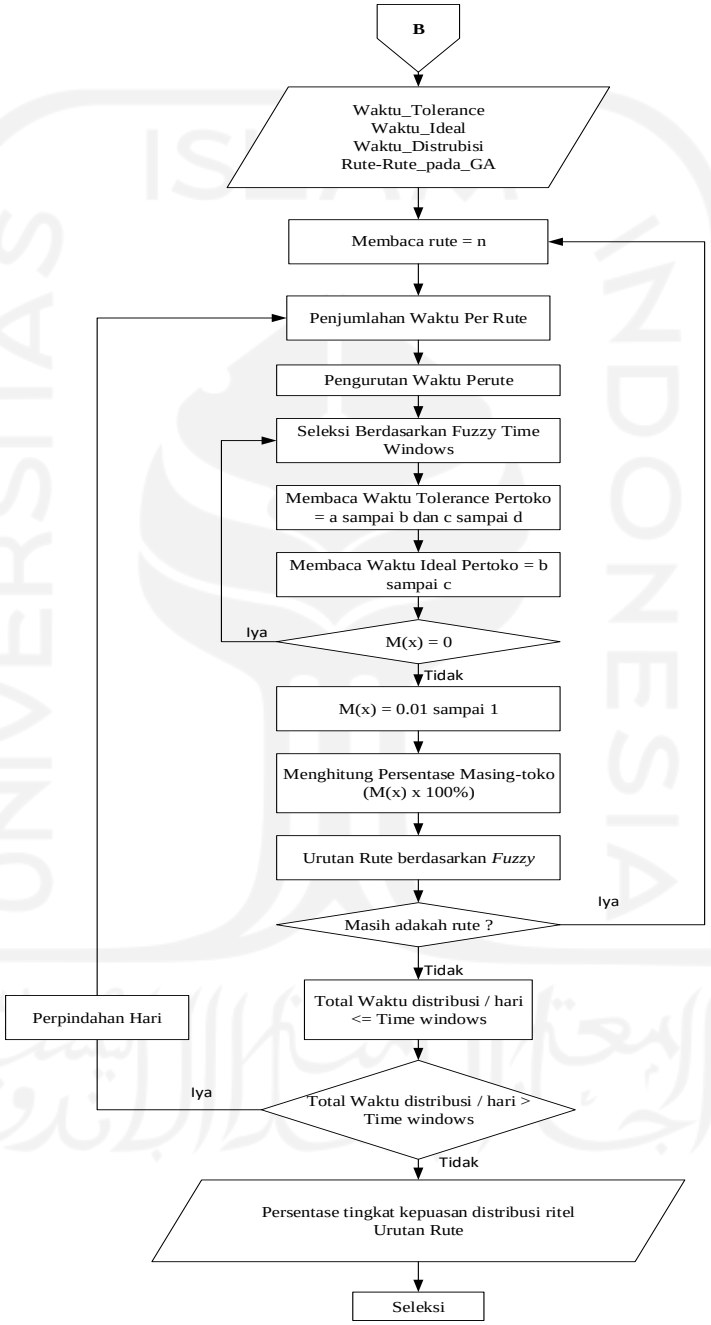
Gambar 3. 2 Diagram Alur metode algoritma genetika

2. Menentukan rute dengan pengklasteran kapasitas berdasarkan *nearest neighbor*



Gambar 3. 3 Diagram Alir pengklasteran berdasarkan kapasitas

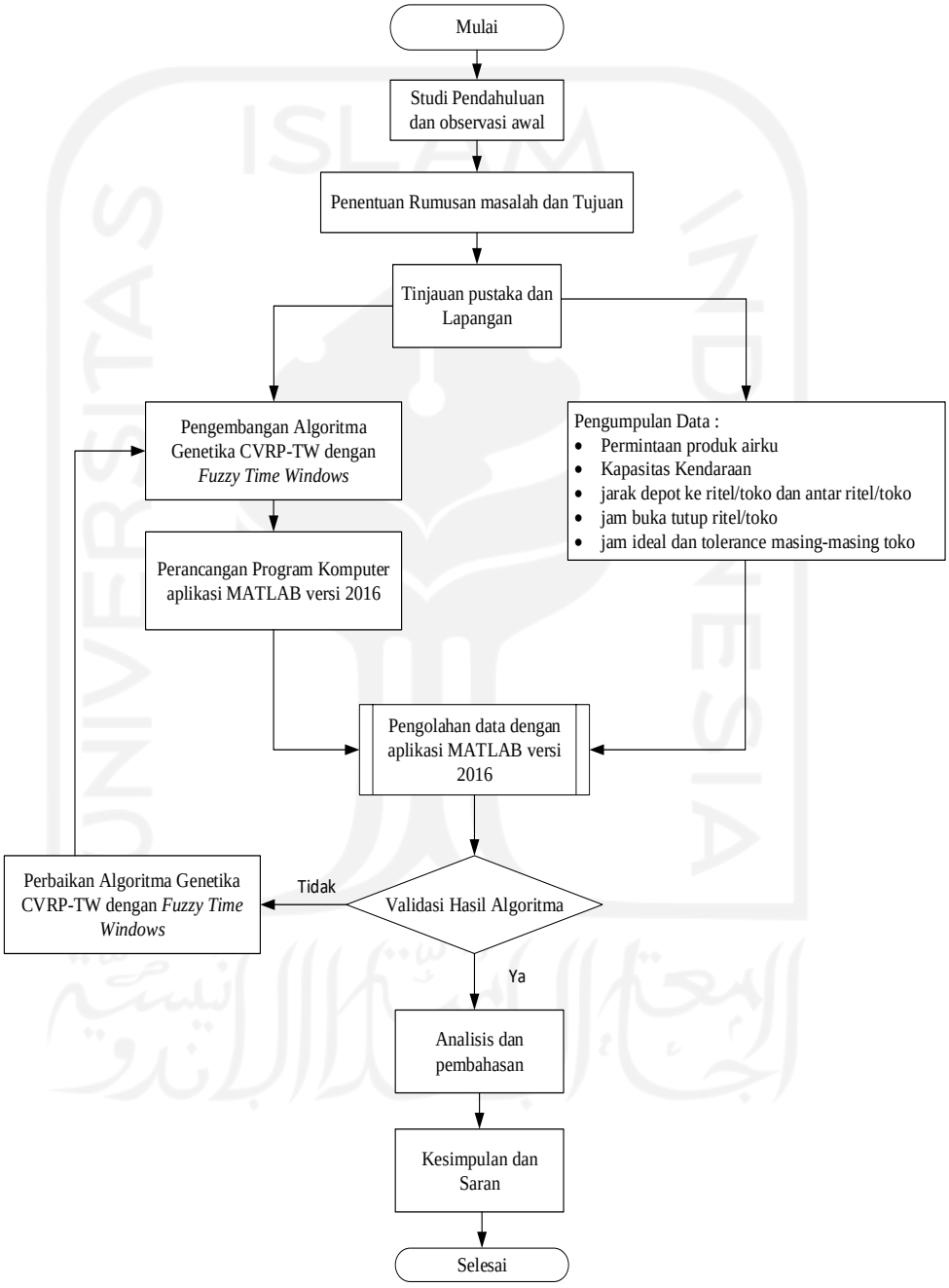
3. Penetuan tingkat ketepatan dengan VRP dengan *fuzzy time windows.*



Gambar 3. 4 Diagram alur penentuan nilai fuzzy kepuasan distribusi

3.6 Kerangka Alir Penelitian

Gambaran umum dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan secara keseluruhan dapat disajikan dalam gambar 3.4 kerangka alir berikut ini:



Gambar 3. 5 Kerangka Alur Penelitian

3.5.1. Studi pendahuluan dan observasi awal

Studi pendahuluan dan observasi awal sesuai dengan kerangka alir yang telah dikan. Langkah awal yaitu dengan melakukan studi pendahuluan dan observasi awal, dimana peneliti melakukan studi pendahuluan dan observasi awal pada perusahaan dengan mencari informasi awal untuk mengetahui apakah di perusahaan AMDK AirKu memberikan kesempatan kepada peneliti untuk melakukan penelitian dan memberikan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

3.5.2. Penentuan rumusan masalah dan tujuan

Penentuan rumusan masalah dan tujuan dengan menentukan rumusan masalah yang akan dipecahkan. Penilitian ini rumusan utama yang akan dipecahkan adalah untuk mengetahui rute distribusi yang optimal pada AMDK AirKu, dan menentukan manfaat serta tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian serta memberikan kontribusi pada lokasi penelitian di perusahaan AMDK AirKu.

3.5.3. Tinjauan pustaka dan tinjauan lapangan

Kemudian akan dilakukan tinjauan pustaka dan tinjauan lapangan yang lebih kearah menentukan metode yang tepat dalam menyelesaikan masalah serta menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian dengan menggunakan teori pendukung yang dibutuhkan.

3.5.4. Pengumpulan data

Pengumpulan data yang dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder, dimana data primer sendiri mencakup pola pendistribusian, jarak antar lokasi, total waktu pendistribusian, dan kecepatan waktu distribusi yang dilakukan di setiap kelurahan yang akan diteliti, untuk data sekunder yang dibutuhkan mencakup profil dari perusahaan AMDK AirKu, jumlah *traffic* pada masing-masing perjalanan, toko yang menjadi tujuan pengiriman, *demand* dari setiap kelurahan yang akan didatangi, jumlah hari kerja dan waktu kerja dari Gudang AMDK AirKu, waktu tolerance dan waktu ideal tiap

ritel/toko kapasitas alat angkut yang akan melakukan proses distribusi, dan waktu jam tutup dan buka masing-masing toko.

3.5.5. Pengembangan Algoritma Genetika CVRP-TW dengan *Fuzzy Time Windows*

Pengembangan algoritma metaheuristik dengan metode Algoritma Genetika untuk dapat menyelesaikan semua permasalahan CVRP-TW yaitu menambahkan nilai *fuzzy logic* untuk mengetahui tingkat ketepatan distribusi masing-masing ritel/tokoh dengan jumlah retailer yang banyak namun dengan waktu yang singkat. Algoritma Genetika dipilih dalam penelitian ini karena didasarkan pada kemampuannya dalam memberikan solusi dari permasalahan optimisasi dalam jumlah besar dan dengan waktu yang cepat.

3.5.6. Pengembangan Pengolahan data

Setelah pengumpulan data maka masuk kedalam proses pengolahan data. Pengolahan data adalah proses mengolah data-data yang didapat dengan metode-metode terkait, sehingga menghasilkan sebuah nilai yang dapat digunakan untuk menentukan solusi. Pengolahan data yaitu dalam penentuan waktu distribusi menggunakan data waktu pendistribusian, jam buka dan tutup toko. Selanjutnya pengolahan data dalam penentuan rute pendistribusian menggunakan Logika Fuzzy. Di dalam pendekatan Fuzzy pengolahan nilai probabilitas mutasi menggunakan metode Fuzzy. Proses ini digunakan untuk memaksimalkan total nilai *membership* pada himpunan waktu distribusi dan meminimalkan jarak tempuh.

3.5.7. Validasi Hasil Algoritma

Langkah selanjutnya ialah tahap validasi hasil algoritma genetika CVRP-TW dengan *Fuzzy Time Windows* dalam penelitian ini dan pengolahan data adalah menggunakan studi kasus distribusi produk air ku di PDAM.

3.5.8. Analisis data dan Pembahasaan data

Analisis dan pembahasan merupakan langkah selanjutnya dalam proses pemecahan masalah untuk analisis dan pembahasan sendiri mencakup pada

analisis jarak tempuh, analisis waktu yang dibutuhkan, analisis biaya yang diperlukan, analisis kontribusi dalam penelitian.

3.5.9. Kesimpulan dan Saran

Pada langkah terakhir penelitian ini adalah menentukan kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian dan saran. Kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil pengolahan dan analisis dari penelitian.

BAB VI

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan data

4.1.1 Profil Perusahaan

Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) AirKu adalah bagian dari perusahaan daerah dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten (Pemkab) daerah Kulon Progo yang bergerak dibidang jasa penyedia air. AirKu merupakan satu-satunya produk AMDK yang diproduksioleh PDAM atau BUMD secara nasional. Air minum dalam kemasan yang siap dikonsumsi langsung tanpa harus melalui proses dimasak terlebih dahulu. AMDK dengan merk AirKu dikemas dalam kemasan cup 120 ml, cup 240 ml, botol 330 ml dan botol 600 ml dengan diproses dalam beberapa tahap menggunakan proses *Water Treatment Proccesing* (Mineral). Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun Kabupaten daerah Kulon Progo merupakan BPAM (Badan Pengelolaan Air Minum) yang ditetapkan dengan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 722/KPTS/1992 tentang Penyerahan Pengelolaan Prasarana dan Sarana Penyediaan Air Bersih di Kabupaten Kulon Progo kepada Gubernur Kepala Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. (*sumber* : www.pdamkulonprogo.ac.id)

Tujuan dari perusahaan PDAM Tirta Binangun adalah memenuhi kebutuhaan air bersih dan atau air minum guna meningkatkan kesehatan dan mendukung Pendapatan Asli Daerah (PAD), untuk mencapainya perusahaan berpedoman pada asas ekonomi perusahaan serta prinsip akuntansi perusahaan. PDAM Tirta Binangun untuk kegiatan adminstrasi dan pemesanan produk AirKu beralamat di Jl. Masjid Agung No.1, Area Sawah, Wates, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta 55651. Sedangkan aktivitas produksi

dan proses distribusi dilakukan dipabrik Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) AirKu berada pada alamat Jl. Secang, Sendangsari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan



Gambar 4. 1 lambang perusahaan

Visi dan Misi pada PDAM Tirta Binangun berdasarkan web resmi (www.pdamkulonprogo.ac.id) PDAM Tirta Binangun sebagai berikut :

Visi :

"Menjadi Perusahaan Air Minum yang Sehat, Mandiri dan Profesional"

Misi :

1 Menyediakan air minum yang memenuhi kualitas, kuantitas dan kontinuitas yang dapat dipertanggungjawabkan.
2 Melakukan pengelolaan usaha secara profesional dengan teknologi tepat guna dan prinsip-prinsip manajemen.
3 Meningkatkan sumber daya manusia.
4 Turut berpartisipasi dalam mengemban tanggung jawab sosial perusahaan.

Tujuan: Memenuhi kebutuhaan air bersih dan atau air minum guna meningkatkan kesehatan dan mendukung Pendapatan Asli Daerah (PAD),

untuk mencapainya perusahaan berpedoman pada asas ekonomi perusahaan serta prinsipakuntansi perusahaan.

4.1.3 Produk AMDK Air Ku

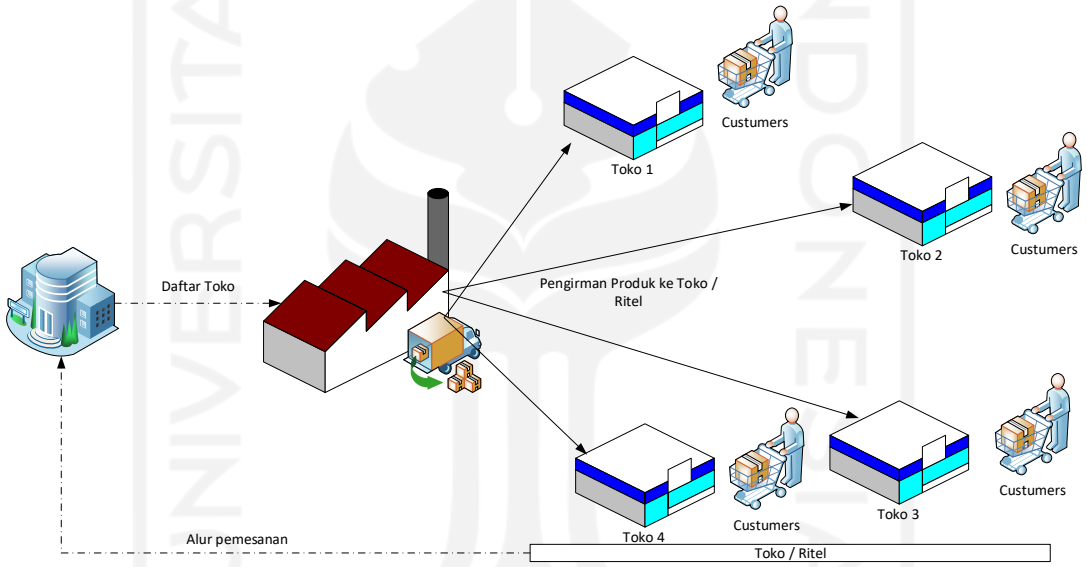
cup 120 ml	cup 240 ml	botol 330 ml	botol 600 ml
			
 **Isi Ukuran Dus** **37.50 x 26.50 x 10 (cm)**	 **Isi 48 cup Ukuran Dus** **37.50 x 26.50 x 20 (cm)**	 **Isi 24 botol Ukuran Dus** **37.50 x 26.50 x 20 (cm)**	 **Isi 24 botol Ukuran Dus** **39 x 27 x 23 (cm)**

Gambar 4. 2 Produk AirKu

Sumber air yang pada AirKu adalah mata air yang berasal dari mata air Clereng yang berada di Sendangsari, Pengasih, Kulon Progo. AMDK produk Air Ku muncul pertama kali pada tahun 2013 dalam ukuran gelas/cup 240 ml. Dikemas dalam bentuk dus, dimana 1 dus berisi 48 gelas/cup dan pada tahun 2015 produksi botol ukuran 600 ml, dimana dalam satu dus berisi 24 botol. Selanjutnya AMDK menambah varian ukuran produknya pada tahun 2019 yaitu kemasan cup 120 ml dan botol 330 ml yang dimana kemasan ini mulai diproduksi pada akhir tahun 2019 secara masal.

4.1.4 Proses Distribusi

Proses Distribusi AirKu dilakukan saat terjadi pesanan dari toko atau ritel untuk produk Air Ku kepada pihak PDAM kemudian pesanan tersebut dilakukan pencatatan untuk diberikan pada pihak pabrik Airku. Pelayanan distribusi di mulai dari depot yang berada di Jl. Secang, Sendangsari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, kemudian melayani pelanggan yaitu ritel atau toko yang melakukan pemesanan produk yang tersebar diseluruh kabupaten kulon progo.



Gambar 4. 3 Sistem distribusi AMDK Air Ku KP

Berdasarkan observasi dan wawancara yang telah dilakukan pada distribusi kendaraan dalam pendistribusian produk AirKu, PDAM Tirta Binangun memiliki 1 unit kendaraan yaitu jenis kendaraan Suzuki Carry Futura 1.5 (*box truck*) dengan ukuran *box* dengan panjang 2,15 m x Lebar 1,50 m x Tinggi 1,20 m, luas box 3.7 m^3 dan kapasitas kendaraan 150 dus AirKu botol ukuran 600 ml. sehingga dapat diasumsikan untuk produk cup 120 ml sama dengan 2x ukuran Airku botol 600 ml. Sedangkan AirKu gelas ukuran 240ml maupun AirKu gelas ukuran botol 330 ml sama dengan ukuran botol ukuran 600 ml.

4.1.5. Formulasi Masalah

Distribusi merupakan kegiatan memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Setiap kegiatan yang dilakukan tentunya mempunyai tujuan untuk memenuhi permintaan dari toko/ritel yang dituju. Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini mengenai permasalahan penentuan rute dalam distribusi produk dengan memperhatikan tingkat ketepatan waktu distribusi pada pelanggan yang tersebar disuatu wilayah yaitu distribusi produk air mineral produk Airku Kulon Progo.

Perusahaan distribusi sering sekali mengabaikan permasalahan rute seperti rute yang tidak sistematis, terbatasnya jumlah kendaraan (k = 150 dus) pada perusahaan produk air mineral produk Airku Kulon Progo dengan jumlah permintaan yang dapat mencapai 450 dus / hari. Sehingga sistem distribusi diperlukan untuk mengatur pasokan air mineral produk Airku secara optimal agar dapat memenuhi permintaan toko secara tepat dan tidak menimbulkan ketidakpuasan pelanggan. ketidakpuasan pelanggan diakibatkan karena permintaan terhadap pasar yang tidak terpenuhi dan ketidak tepatan kedatangan pada ritel / toko. Pada kegiatan distribusi juga pada akhirnya akan berpengaruh pada biaya transportasi dan distribusi yang diasumsikan biaya konsisten sama dengan jarak perjalanan.

Penentuan rute secara sederhana ialah berdasarkan rute terpendek sering di sebut dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan permasalahan yang sederhana. Dalam kasus kompleks diperlukan pengembangan algoritma metaheuristik selain menentukan rute terpendek, pengembangan algoritma untuk dapat menyelesaikan semua permasalahan CVRP-TW yaitu pada jumlah retailer yang banyak dengan waktu penyelesaian yang singkat dan memperhatikan ketidak puasan pelanggan yang dapat dilihat dari dua sisi yaitu ketidak puasan pelanggan yang diakibatkan karena permintaan ritel yang

tidak terpenuhi dan ketidak tepatan kedatangan pada ritel / toko menggunakan *Fuzzy* Time Windows.

4.1.5.1 Pengembangan Model Matematis / Algoritma CVRP dengan Fuzzy Time Windows

Pengembangan dari fuzzy time windows penelitaian Brito, J et al., (2009) yaitu VRP-TW with Fuzzy time windows dilakukan dengan menggunakan studi kasus distribusi suatu produk. Dalam model *fuzzy time windows* pada menggunakan model fuzzy segitiga, tanpa memperhatikan *traffic* yang menggunakan metode metaheuristik yaitu GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) daengan 18 pelanggan. Serta pada model *fuzzy time windows* pada Brito., et al (2009) belum menghitung tingkat kepuasaan masing-masing ritel hanya menentukan rute berdasarkan *fuzzy time widows*. Model dan algoritma yang diusulkan pada penelitian ini diterapkan pada kasus dunia nyata dari sebuah perusahaan yang mendistribusikan produk.

Adapun fungsi tujuan dalam model matematis ini adalah meminimalkan total waktu tempuh dan memaksimalkan tingkat ketepatan waktu distribusi berdasarkan ritel dengan memaksimalkan *mempership values*, agar pengiriman dilakukan secara tepat. Berdasarkan deskripsi tersebut, terdapat asumsi – asumsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1 Terdapat 1 kendaraan yang dapat melayani semua rute yang terbentuk

2 Kendaraan harus mengunjungi setiap ritel/toko yang ada pada setiap wilayah terkait.

3 Setiap rute dimulai dan berakhir pada satu depot yang sama

4 Pada satu rute kendaraan dapat melayani satu atau lebih ritel/toko

5 Jumlah permintaan ritel adalah tetap dan sudah diketahui sebelumnya

6 Setiap permintaan ritel/toko dapat dipenuhi oleh depot / Gudang

7 Tingkat ketepatan waktu pengantaran / distribusi berdasarkan waktu perjalanan antar toko dengan representasi *fuzzy* Trapesium.

8 Setiap ritel/toko hanya dikunjungi satu kali oleh kendaraan.

9 Kendaraan yang digunakan mempunyai kapasitas yang sama.

10 Setiap pengiriman produk memiliki jangka waktu pengiriman yang diizinkan oleh masing-masing ritel/toko

11 Pada masing-masing ritel / toko memiliki waktu bongkar muat yang sama.

Berikut notasi, parameter dan variable keputusan yang digunakan pada pengembangan model CVRP- fuzzy time windows guna memudahkan dalam membuat model matematikanya sebagai berikut :

a. Notasi yang digunakan pada model CVRP- fuzzy time windows ialah sebagai berikut;

- *i :* Serangkaian ritel / toko ; i = 1,2, … .n.
- *D* : jumlah depot; D =1.
- *k* : kendaraan; k = 1, 2…n .
- n: jumlah ritel / toko yang ada.
- tr : Jumlah *Traffict light*.
- *x* : waktu kedatangan kendaraan pada toko
- a : waktu tolerance awal yang diperbolehkan ritel/toko
- b : waktu ideal / waktu awal tingkat layanan terbaik

- c : waktu ideal / waktu akhir tingkat layanan terbaik
- d : waktu tolerance akhir yang diperbolehkan ritel/toko

b. Parameter yang digunakan pada model CVRP- fuzzy time windows ialah sebagai berikut;

- C_k: Kapasitas kendaraan (dus)
- d_i: Permintaan ritel / Toko (dus) dari ritel/toko i: *i* = 1,2,….n
- r_{ij}: Jarak berdasarkan waktu antara titik i ke titik j atau D (menit)
- tr_{ij}: Jumlah *Traffict light* antara titik i ke titik j atau D (menit)
- t_{ij} : Waktu Tempuh *Fuzzy trapezium* dari ritel *i* sampai *j*
- u_{ij} : Waktu bongkar muat/waktu layanan pada ritel/toko *i:* *i* = 1,2,….n
- A_i, B_i : Jendela Waktu dari ritel/toko i: *i* = 1,2,….n
- α_{ik} : Waktu/Jam Kedatangan kendaraan dari ritel/toko i ke j
- b_{ik} : Waktu/Jam Keberangkatan kendaraan dari ritel/toko i ke j

c. Variabel Keputusan yang digunakan pada model CVRP- fuzzy time windows ialah sebagai berikut;

- Q_{ij} : Muatan kendaraan dari depot ke ritel / toko (dus)
- X_j : Jumlah pasokan pada ritel/toko(dus)
- Y_j : Jumlah kekurangan pasokan pada ritel(dus)
- T_{ij} : Total waktu tempuh kendaraan (menit)
- ct_{ik}: Waktu keberangkatan kendaraan dari ritel/toko i

- $\mu(x)$: Drajat keanggotaan. $\mu(x)$= 0-1.
- sl_i : Nilai tingkat layanan
- $x_{ijk} = \begin{cases} 0, \\ 1, \end{cases}$ Bernilai 1 apabila terdapat perjalanan dari titik i ke j dengan kendaraan k. Bernilai 0 apabila tidak terdapat perjalanan dari simpul i ke j dengan kendaraan k.

4.1.5.2 Penentuan Fungsi Tujuan

Output atau fungsi tujuan yang akan dicapai dalam penelitan ini ialah untuk meminimumkan total waktu tempuh dan juga memaksimalkan *membership values* sebagai tingkat ketepatan waktu kedatangan distribusi pada ritel/toko dalam pengantaran produk Airku AMDK di Kulon Progo. Dengan data kapasitas kendaraan, permintaan ritel, dan jarak tempuh pengiriman produk Airku AMDK di Kulon Progo. Maka diperoleh fungsi tujuan berdasarkan notasi, parameter dan variabel yang digunakan model matematika untuk model CVRP-TW Time windows, ialah sebagai berikut :

- Meminimumkan Total Waktu Tempuh

  Fungsi tujuan dari model matematis ini adalah untuk meminimumkan total waktu distribusi/pengiriman kendaraan produk Airku AMDK di Kulon Progo k dari i ke j.

$$min\ F1\ = \left(\sum_{k=1,k=i}^{K} \sum_{i=n}^{I} \sum_{j=n}^{J} T_{ij}.x_{ijk} \right) \qquad (4.1)$$

dimana,

$$T_{ij}\ = \sum_{i=n}^{I} \sum_{j=n}^{J} r_{ij}\ + u_{ij}\ + tr_{ij} \qquad (4.2)$$

- Memaksimumkan *membership values* sebagai tingkat ketepatan waktu armada datang pada ritel/toko.

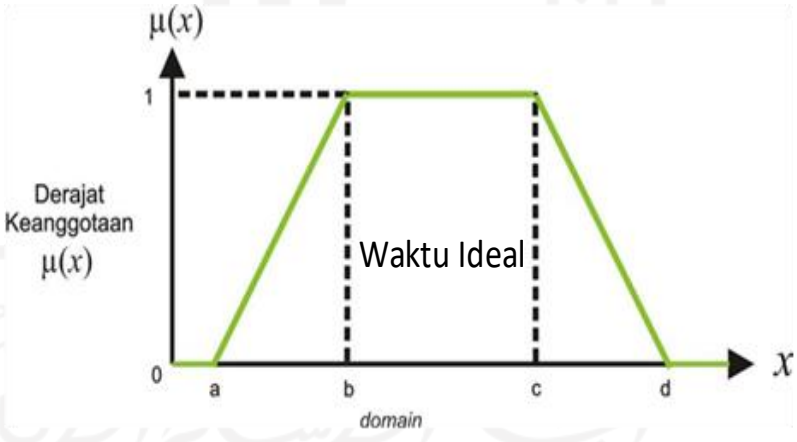
$$max\ F2\ = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} sl_i\right) \qquad (4.3)$$

dimana,

sl_i=min $\{\mu(x)\}$. 100 %

$\mu(x) = \mu(\alpha_{ik}), \mu(b_{ik})$.

Penelitan ini menggunakan representasi *fuzzy trapezium* dengan jendela waktu kedatangan kendaraan distribusi pada waktu a hingga d. Tingkat layanan terbaik jika kendaraan tiba dan melayani ritel atau toko antara waktu b dan waktu c yang diberikan pada ritel / toko.



Kendaraan tidak diperbolehkan untuk tiba atau melayani lebih awal dari waktu awal (a) yang diperbolehkan ritel/toko dan tidak diperbolehkan untuk tiba atau melayani lebih dari waktu waktu akhir (d) yang diperbolehkan ritel/toko. Batas waktu awal (a) dan batas waktu akhir (d) merupakan waktu layanan untuk setiap pelanggan yang dapat ditoleransi

untuk setiap toko/ritel. Apabila kendaraan melebihi batas (a) dan (b) yang diperbolehkan terjadi penumpukan *loading* kendaraan distribusi di lahan parkir toko/ritel, dan menyebabkan keterlambatan pengiriman untuk toko/ritel selanjutnya.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \; atau \; x \geq d \\ \dfrac{(x-a)}{(b-a)}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \dfrac{(d-x)}{(d-c)} & x \geq d \end{cases} , \qquad (4.4)$$

4.1.5.3 Penetapan Fungsi Kendala

Berdasarkan fungsi tujuan, maka dapat ditentukan kendala-kendala yang ada untuk menjadi batasan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Kendala 1 : Jumlah permintaan dalam satu rute perjalanan tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{k \neq j}^{K} d_j \, . \, x_{ijk} \leq C_k; \; k = 1 \qquad (4.5)$$

$$dj \leq Q_{ij} \leq C_k; \; i = 1,2 \ldots . n; \; j = 1,2 \ldots . n$$

2. Kendala 2 : Permintaan dari masing-masing ritel/toko dapat terpenuhi

$$\sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{J}} . Q_{ij} = d_j \; ; \; i = 1,2 \ldots . n; \; j = 1,2 \ldots . n \qquad (4.6)$$

3. Kendala 3 : Kekurangan pasokan pada tiap ritel/toko merupakan selisih dari total pasokan dengan permintaan ritel/toko.

$$Y_j = d_i - X_i; \; i = 1,2 \ldots . n \; ; \; j = 1,2 \ldots . n \qquad (4.7)$$

4. Kendala 4 : Setiap ritel/toko dikunjungi satu kali oleh kendaraan

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{i=n}^{I} x_{ijk} = 1; \; i = 1,2 \ldots . n; \; j = 1,2 \ldots . n \qquad (4.8)$$

5. Kendala 5 : Setiap kendaraan berawal dari depot / gudang (depot = 0)

$$\sum_{j=n,i=0}^{N} x_{ijk} = 1;\ j = 1,2\ldots.n \quad (4.9)$$

6. Kendala 6 : Setiap kendaraan mengunjungi ritel/toko pasti akan meninggalkan ritel/toko tersebut.

$$\sum_{\boldsymbol{i=n}}^{\boldsymbol{I}} \boldsymbol{x_{ihk}} - \sum_{\boldsymbol{J=n}}^{\boldsymbol{J}} x_{hjk}\ 0; i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n\ ; h = 1,2\ldots.n \quad (4.10)$$

7. Kendala 7 : Setiap kendaraan kembali ke depot / Gudang (depot = 0)

$$\sum_{j=n,i=0}^{N} x_{jik} = 1;\ j = 1,2\ldots.n;\ k = 1 \quad (4.11)$$

8. Kendala 8 : Tidak terdapat subrute pada setiap rute yang ada

$$Q_j \geq Q_i + d_i - C + C.x_{jik} - \left(d_i - d_j\right).x_{ijk}; i = 1,2\ldots.n; J = 1,2\ldots.n$$

$$Q_j \geq C - (\ C\ -\ d_j\ )\ x_{ijk};\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n$$

$$Q_j \geq\ d_j\ + \sum_{i=1,i\neq j}^{i} x_{ijk}.d_j;\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n \quad (4.12)$$

9. Kendala 9 : kendaraan k tidak diperbolehkan sampai di pelanggan j sebelum T_i selesai atau sebelum waktu perjalanan dari i ke j dan waktu dimulai pelayanan.

$$T_{ij}\ -\ K\ (1 -\ x_{ijk})\ \leq u_{ij};\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n \quad (4.13)$$

Sedangkan K merupakan bilangan yang relative besar jika K(1− x_{ijk}) bernilai lebih besar maka rute pelanggan i ke j tidak akan ditempuh.

10. Kendala 10 : Perhitungan waktu kedatangan kendaraan

$$\alpha_{ik} \geq\ b_{ik}\ + T_{ij}.K\ (1 -\ x_{ijk}\ );\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n$$

$$\alpha_{ik} \leq\ b_{ik}\ + T_{ij}.K\ (1 -\ x_{ijk}\ );\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n \quad (4.14)$$

11. Kendala 11: menyatakan bahwa waktu keberangkatan dari depot sama dengan 0.

$$ct_{ik} = b_{ik} + T_{ij};\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n \quad (4.15)$$

12. Kendala 12 : menyatakan bahwa time windows dari masing-masing pelanggan terpenuhi.

$$\mathrm{A}_i \leq T_{ij} \leq \mathrm{B}_i;\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n$$

$$\alpha_{ik} \geq a;\ i = 1,2\ldots.n$$

$$ct_{ik} \leq d;\ i = 1,2\ldots.n \quad (4.16)$$

13. Kendala 13 : memastikan bahwa tingkat layanan harus lebih besar dari a nilai kepuasan pelanggan minimal dan di nilai kepuasan pelanggan maksimal.

$$sl_i > \alpha_i\ ;\ i = 1,2\ldots.n$$

$$sl_i < d_i\ ;\ i = 1,2\ldots.n \quad (4.17)$$

14. Kendala 14 : Variabel x_{ijk} merupakan variable biner Non-negativity Constrains for x_{ijk}

$$x_{ijk} \in \{0,1\};\ i = 1,2\ldots.n; j = 1,2\ldots.n \quad (4.18)$$

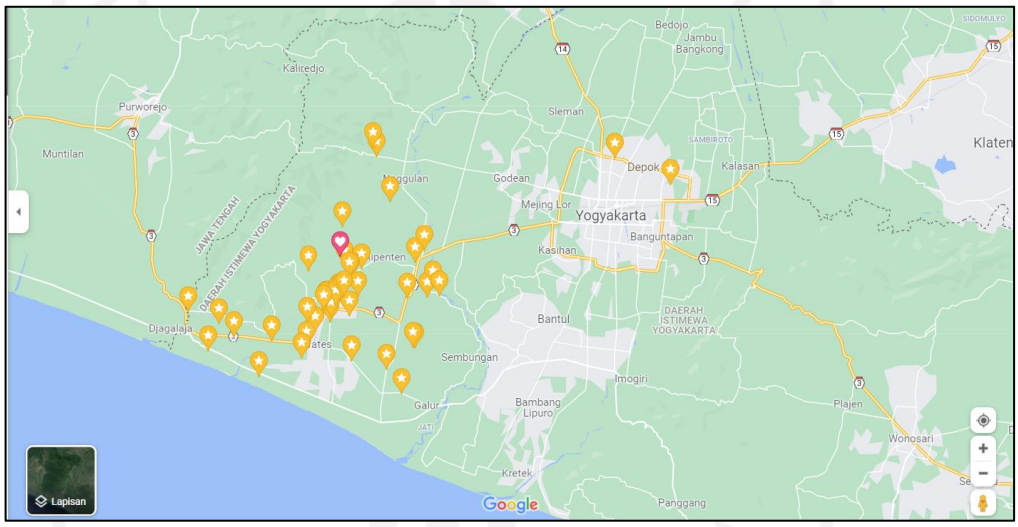
4.1.6 Data Alamat Toko/Ritel

Data yang digunakan dalam pengolahan VRP-TW dengan metode algoritma genetika dan *fuzzy time windows* pada studi kasus distribusi Airku di Kulon Progo. Data studi kasus ini meliputi data jarak *retailer* / toko ke gudang, jarak antar *retailer* / toko, jam buka dan tutup masing-masing *retailer* serta waktu-waktu yang dapat mempengaruhi waktu perjalanan /distribusi produk Air Ku. Matriks jarak berdasarkan waktu pada difokuskan untuk mencari jarak

terdekat dan penentuan rute berdasarkan ketepatan armada pada waktu yang diperbolehkan pada masing-masing ritel.

Adapun berikut merupakan data toko / ritel dan permintaan masing-masing toko atau ritel yang tersebar di seluruh wilayah Kulon Progo.

Toko / Ritel Kulon Progo yang tersebar di seluruh daerah Kulon Progo dan Yogyakarta pada bulan September 2021. Dimana ritel tersebut telah menjadi customer yang terdaftar di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo.



Gambar 4. 4 maps Toko/Ritel Airku

Pada tabel 4.1 dibawah ini merupakan daftar retailer / toko pendistribusian Airku di Kulon Progo.

Tabel 4. 1 daftar retailer / toko pendistribusian Airku di Kulon Progo

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
Gudang	A1	Jl. Secang, Sendangsari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1611	-7.82579	**0**
Toko Bu Ning	A2	Sentolo Lor, Sentolo, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah	110.2187	-7.8286	**27**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
		Istimewa Yogyakarta 55664			
Toko TM	A3	Jl. Sentolo - Brosot, Salam, Tuksono, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664	110.2377	-7.85421	**80**
Toko Umar	A4	Jalan KH Ahmad Dahlan, Ruko Gawok, Wates, Utara Pasar Gula, Area Sawah, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1503	-7.86468	**50**
Toko Azzam	A5	Pendem, Sidomulyo, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1629	-7.80278	**25**
Kantor Pos	A6	Jl. Purwowinarto No.3, Pengasih, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1691	-7.83892	**15**
Toko Bapak Kristanto	A7	Jl. Sudibyo No.3, Driyan, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1589	-7.85973	**100**
Toko Muhlisin	A8	Pancas, Karangwuni, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.0984	-7.91678	**15**
Warung Bu Yani	A9	Tileng, Pendoworejo, Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55674	110.1893	-7.74831	**20**
Toko Safa	A10	Srikayangan, Sentolo, Panjul, Srikayangan, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664	110.2173	-7.89479	**50**
Bumdes Srikayangan	A11	Panjul, Srikayangan, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon	110.2192	-7.89485	**13**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
		Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664			
Karya Jaya	A12	Jl. Pengasih - Sentolo No.1, Pengasih, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1682	-7.84087	**28**
Tempat Karoke "Blass"	A13	Ngrandu, Triharjo, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1421	-7.8829	**28**
Omah Cantrik	A14	Turus, RT.13/RW.05, Tj. Gn., Tanjungharjo, Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55671	110.1996	-7.78338	**9**
Larizo	A15	Jl. Lempongsari Raya No.13, Sumberan, Sariharjo, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55581	110.3726	-7.74948	**80**
UD. Nani	A16	UD. Nani, Ps. Wates, Jl. Diponegoro, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.158	-7.86107	**25**
Toko Bu Wardi	A17	Jl. Pengasih - Sentolo, Kepek, Pengasih, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1776	-7.83496	**6**
Toko Umar 2	A18	Jl. Pandu Dewanata, Area Sawah, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1501	-7.86403	**32**
Kantor PDAM	A19	Jl. Masjid Agung No.1, Area Sawah, Wates, Kulon Progo Regency,	110.1485	-7.86645	**15**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
		Special Region of Yogyakarta 55651			
Koperasi Bandara kp	A20	Pintu Masuk Yogyakarta International Airport, Jl. Nasional III, Area Kebun, Kebonrejo, Kec. Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55654	110.0594	-7.8994	**10**
Koperasi Uspin	A21	Jl. Nagung-Brosot, Dusun 1, Gotakan, Panjatan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55655	110.17	-7.90562	**15**
Sukoreno	A22	Jl. Nasional III, Gembongan, Sukoreno, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664	110.2129	-7.85778	**50**
RM. Podo moro	A23	Pengasih, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1695	-7.84091	**20**
Toko Pak DKH Ringin Hardi	A24	Jl. Pengasih - Sermo, Ringin Ardi, Karangsari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1367	-7.8372	**50**
Dinas Perdagangan	A25	Jl. Ki Josuto No.01, Area Sawah, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55611	110.1506	-7.86263	**5**
Koperasi Sumber Rejeki	A26	Jl. Brigjen Katamso No.69, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1576	-7.86271	**25**
Toko Muhsin	A27	Kec. Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55654	110.068	-7.87722	**20**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
Mandiri Jaya	A28	Jl. Sugiman, Serut, Pengasih, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1632	-7.8565	**15**
Toko Dirktur PDAM	A29	Jl. Pahlawan No.35, Gerawulan, Giri Peni, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1548	-7.86905	**53**
Pabrik Rokok (PT. PUTRA PATRIA ADIKARSA)	A30	Jl. Pahlawan No.67, Gerawulan, Giri Peni, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1541	-7.8722	**25**
Warung Pak Yono	A31	Mentobayan, Salamrejo, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664	110.2324	-7.84813	**50**
Bumdes Bumi Rejo	A32	Dukuh, Bumirejo, Lendah, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55663	110.1966	-7.91066	**30**
Kejaksaan KP	A33	Jl. Sugiman No.16, Kemiri, Wates, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1641	-7.85547	**5**
Brangkas Penanganan COVID-KP	A34	Jl. Kasatriyan, Gn. Gempal, Giri Peni, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1681	-7.87118	**23**
Toko Barokah	A35	Jl. Pantai Congot No.38, Kledekan Lor, Bubutan, Kec. Purwodadi, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah 55654	110.0361	-7.88952	**150**
Embrio Market	A36	Jl. Jembatan Clereng, Serang, Sendangsari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah	110.1645	-7.83233	**55**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
		Istimewa Yogyakarta 55652			
Dinas Ketenagakerjaan KP	A37	Jl. Sugiman &, Jl. Pengasih - Wates, Serut, Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.1627	-7.85644	**8**
Toko Barokah Kembang	A38	Jl. KRT Kertodiningrat, Gn. Gondang, Margosari, Kec. Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55652	110.1743	-7.85602	**50**
Dinas Perekonomian kp	A39	Ktr. Bupati Kulon Progo, Terbah, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.16	-7.85805	**24**
Balai Desa Kelurahan Triharjo	A40	Jl. Raya Wates - Jogjakarta No.225, Umbar, Triharjo, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1359	-7.8682	**8**
Toko Unit PDAM KP	A41	Kaliwangan, Temon Wetan, Kec. Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.0792	-7.88695	**48**
Warung Rokok	A42	Sideman, Giri Peni, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.1535	-7.87616	**13**
RS Nyiageng Serang KP	A43	Jl. Sentolo Nanggulan, Bantar Kulon, Banguncipto, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55664	110.226	-7.82041	**30**
RSKIA Sadewa Jogja	A44	Jl. Babarsari Blok TB 16 No.13B, Tambak Bayan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten	110.4157	-7.77024	**50**

Nama Toko	Notasi	Alamat	Titik Koordinat Maps		Data Total Permintaan
			BT	BS	
		Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281			
Warung Pak Muhadi	A45	Toko Muhadi, Sluwok Kidul, Tawangsari, Kulon Progo Regency, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.1353	-7.89438	**50**
Warung Pak Sumadi	A46	Jogoyudan RW.04, Jogoyudan, Wates, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55651	110.1609	-7.8595	**100**
Barokah Congot	A47	Tapen, Hargomulyo, Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55653	110.0429	-7.8675	**75**
Dukuh Kardono	A48	Depok, Sukoreno, Kec. Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	110.2282	-7.85683	**36**
Toko Mandiri	A49	U.D MANDIRI, Unnamed Road, Area Sawah, Bumirejo, Lendah, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta 55663	110.2082	-7.93037	**55**
Toko Abadi	A50	Jl. Nanggulan-Samigaluh, Jetis, Pendoworejo, Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta 55674	110.186	-7.74197	**150**

4.1.7 Matriks total waktu perjalanan dari Gudang dan Toko

Pengumpulan data pada tabel 4.2 merupakan matrix waktu tempuh dilakukan dengan menggunakan bantuan *Google Maps* yang kemudian dicari jarak berdasarkan waktu antara titik satu ke titik yang lainnya sesuai dengan rute yang dipilihkan yakni jarak terpendek. Matrix jarak berdasarkan waktu, distribusi produk AirKu Kulon Progo dalam studi kasus ini menetapkan waktu total dari matrix merupakan penjumlahaan matrix *real* dari *google maps* ditambah dengan

matrix jumlah *traffic* di setiap perjalanan ritel / toko, dimana setiap 1 traffic yang di lewati asumsi 1 menit waktu tunggu pada *traffic* tersebut. Berikut matrix jarak waktu total jarak perjalanan yang merupakan data jarak gudang ke toko dan antar toko di reprsentasikan dalam sebuah matrix perjalan sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Matriks total waktu perjalanan

i/j	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	n	A50
A1	0	15	37	20	24	7	6	33	28	25	5	6	19	18	54	13	7	19	20	37	25	22	6	12	16	13	…	35
A2	15	0	13	19	18	11	23	39	24	18	19	10	27	17	53	19	8	20	21	42	25	7	9	16	20	18	…	27
A3	25	13	0	22	26	18	21	39	27	16	16	19	29	22	55	22	16	25	23	44	26	7	17	24	23	21	…	32
A4	16	20	23	0	22	8	12	24	31	20	21	13	5	28	66	2	16	1	1	22	14	18	18	16	1	6	…	43
A5	24	18	27	18	0	11	20	37	29	30	31	11	26	20	73	17	11	25	22	52	29	26	12	16	21	20	…	30
A6	5	11	19	13	11	0	12	39	23	21	22	1	18	15	60	9	3	13	12	34	21	17	1	6	12	9	…	37
A7	6	19	21	3	18	12	0	25	29	19	20	10	17	14	58	7	14	4	4	26	13	17	10	13	5	2	…	41
A8	34	39	40	24	37	40	30	0	49	35	35	34	18	55	84	24	31	13	20	17	20	33	31	30	20	22	…	58
A8	35	24	26	37	29	23	29	54	0	36	36	26	40	13	51	32	30	35	35	55	43	26	24	31	34	33	…	2
A10	25	18	16	20	30	21	19	35	36	0	1	18	22	29	53	16	22	20	20	40	22	14	22	28	21	19	…	37
A11	5	19	16	21	31	22	20	35	36	1	0	19	24	30	53	17	23	21	22	43	21	14	23	27	22	20	…	38
A12	6	10	19	17	11	1	11	34	26	18	19	0	19	14	53	8	3	12	13	34	21	21	2	6	12	9	…	27
A13	20	27	29	5	26	18	17	18	40	22	24	18	0	26	56	9	19	7	4	24	9	21	20	17	7	10	…	46
A14	18	17	22	28	20	15	14	55	13	29	30	14	29	0	44	18	11	25	25	48	34	21	13	20	24	23	…	16
A15	54	53	55	66	73	60	58	84	51	53	53	53	57	44	0	51	57	68	67	87	70	49	59	68	67	63	…	50
A16	11	19	22	9	17	9	7	24	32	16	17	5	12	18	50	0	15	4	8	25	13	16	8	11	3	2	…	41
A17	7	8	16	16	11	3	14	31	30	22	23	3	19	11	57	15	0	15	16	39	21	14	3	10	15	13	…	32
A18	16	20	25	1	25	13	4	13	35	20	21	12	7	25	68	4	14	0	1	24	15	15	11	14	1	5	…	42
A19	16	21	23	1	22	12	4	20	35	20	22	13	4	25	67	8	15	1	0	21	15	16	12	13	1	6	…	42
A20	37	42	44	22	52	34	26	17	55	40	43	34	24	48	87	25	36	24	21	0	24	36	32	34	26	25	…	64
A21	26	25	26	14	29	21	13	20	43	22	21	21	9	34	70	13	23	15	15	25	0	21	19	22	14	12	…	43
A22	22	7	7	18	26	17	17	33	26	14	14	21	21	21	49	16	17	17	18	39	21	0	17	22	17	15	…	29
A23	6	9	17	18	12	1	14	31	24	22	23	2	20	13	59	12	2	21	20	37	19	17	0	7	10	12	…	23
A24	12	16	24	16	16	6	13	30	31	28	27	6	17	20	68	11	10	20	18	34	23	21	7	0	12	12	…	29
A25	17	20	23	1	21	12	5	20	34	21	22	12	7	24	67	3	14	1	1	26	14	16	17	15	0	5	…	40
A26	13	18	21	6	20	9	2	22	33	19	20	9	10	23	63	2	11	4	6	25	12	15	9	12	5	0	…	40
n	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
A50	35	27	32	43	30	37	41	58	2	37	38	27	46	16	50	41	32	42	42	64	43	29	23	29	40	40	…	0

4.1.8. *Time windows* Toko/ Ritel, Waktu Tolerance dan Ideal Toko

Data pada tabel 4.3 merupakan tabel selanjutnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah data batas waktu pelayanan masing-masing ritel / toko yang ditentukan oleh ritel / toko. Tabel 4.3 menyajikan data *time windows*, waktu tolerance dan waktu ideal pada keseluruhan ritel / toko ialah sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Time windows Toko/ Ritel, Waktu Tolerance dan Ideal Toko

Nama Toko	Notasi	*Time Windows*		Waktu		Waktu	
		Buka Toko (Ai)	Tutup Toko (Bi)	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)
Gudang	**A1**	8:00	16:00				
Toko Bu Ning	**A2**	8:00	18:00	8:00	11:00	9:00	10:00
Toko TM	**A3**	7:00	20:00	8:00	12:00	9:00	11:00
Toko Umar	**A4**	8:00	20:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				14:00	16:00	14:30	15:30
Toko Azzam	**A5**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Kantor Pos	**A6**	6:00	20:00	8:00	10:00	8:30	9:30
				13:00	16:00	14:00	15:00
Toko Bapak Kristanto	**A7**	8:00	20:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	17:00	14:00	16:00
Toko Muhlisin	**A8**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Warung Bu Yani	**A9**	8:00	20:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Toko Safa	**A10**	8:00	17:00	8:00	11:00	9:00	10:00
Bumdes Srikayangan	**A11**	9:00	14:00	9:00	12:00	9:30	11:30
Karya Jaya	**A12**	6:30	20:30	8:30	11:30	9:30	10:30
				12:30	14:30	13:00	14:00
Tempat Karoke "Blass"	**A13**	24 Jam		8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Omah Cantrik	**A14**	9:00	20:00	9:00	11:00	9:30	10:30
				14:00	16:00	14:30	15:30
Larizo	**A15**	8:00	17:00	13:00	17:00	14:00	16:00
UD. Nani	**A16**	6:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				12:30	14:30	13:00	14:00

Nama Toko	Notasi	*Time Windows*		Waktu		Waktu	
		Buka Toko (Ai)	Tutup Toko (Bi)	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)
Gudang	**A1**	8:00	16:00				
Toko Bu Wardi	**A17**	7:00	21:00	7:00	12:00	8:00	11:00
Toko Umar 2	**A18**	8:00	20:00	9:00	12:00	10:00	11:00
				13:00	17:00	14:00	16:00
Kantor PDAM	**A19**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Koperasi Bandara kp	**A20**	6:00	19:00	9:00	12:00	10:00	11:00
Koperasi Uspin	**A21**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Sukoreno	**A22**	7:00	20:00	7:00	11:00	8:00	10:00
RM. Podo moro	**A23**	9:00	20:00	7:00	11:00	8:00	10:00
				13:00	15:00	13:30	14:30
Toko Pak DKH Ringin Hardi	**A24**	7:00	20:00	7:00	10:00	8:00	9:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Dinas Perdagangan	**A25**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:30	14:30	15:00
Koperasi Sumber Rejeki	**A26**	7:30	15:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	15:00	13:30	14:30
Toko Muhsin	**A27**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Mandiri Jaya	**A28**	8:00	20:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Toko Dirktur PDAM	**A29**	7:00	13:00	8:00	11:00	9:00	10:00
Pabrik Rokok (PT. PUTRA PATRIA ADIKARSA)	**A30**	7:00	16:00	7:00	12:00	8:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Warung Pak Yono	**A31**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Bumdes Bumi Rejo	**A32**	9:00	16:00	9:00	12:00	10:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Kejaksaan KP	**A33**	8:00	15:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	15:00	13:30	14:30
Brangkas Penanganan COVID-KP	**A34**	24 jam		8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Toko Barokah	**A35**	6:00	19:00	7:00	10:00	8:00	9:00
				13:00	15:00	13:30	14:30
Embrio Market	**A36**	7:00	20:00	7:00	11:00	8:00	9:00
	A37	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00

Nama Toko	Notasi	*Time Windows*		Waktu		Waktu	
		Buka Toko (Ai)	Tutup Toko (Bi)	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)
Gudang	**A1**	8:00	16:00				
Dinas Ketenagakerjaan KP				13:00	15:00	13:30	14:30
Toko Barokah Kembang	**A38**	9:00	20:00	9:00	12:00	10:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Dinas Perekonomian kp	**A39**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	15:00	13:30	14:30
Balai Desa Kelurahan Triharjo	**A40**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Toko Unit PDAM KP	**A41**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Warung Rokok	**A42**	8:00	16:00	8:00	12:00	9:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
RS Nyiageng Serang KP	**A43**	24 jam		9:00	12:00	10:00	11:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
RSKIA Sadewa Jogja	**A44**	8:00	16:00	13:00	16:00	14:00	15:00
Warung Pak Muhadi	**A45**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Warung Pak Sumadi	**A46**	7:00	20:00	7:00	11:00	8:00	10:00
				14:00	16:00	14:30	15:30
Barokah Congot	**A47**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00
Dukuh Kardono	**A48**	8:00	16:00	9:00	12:00	10:00	11:00
				14:00	16:00	14:30	15:30
Toko Mandiri	**A49**	6:00	20:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				14:00	17:00	15:00	16:00
Toko Abadi	**A50**	8:00	16:00	8:00	11:00	9:00	10:00
				13:00	16:00	14:00	15:00

Tabel 4.3 merupakan batas waktu pelayanan (*Time Windows*) yang telah ditetapkan oleh masing-masing toko. Sehingga, pendistribusian produk tidak diperbolehkan mendahului dari batas waktu awal pelayanan yang di gambarkan sebagai waktu tolerance sebelum dan tidak diperbolehkan melebihi batas waktu akhir pelayanan yang di gambarkan sebagai waktu *tolerance* setelah dari masing-masing ritel. Dalam pelayanan agen, pihak AirKu Kulon Progo dalam

studikasus ini menetapkan waktu pelayanan di setiap agen selama 10 menit dari awal kedatangan menuju agen hingga meninggalkan ritel / toko.

4.3 Pengolahan Data

4.3.1. Rute Perusahaan

Berdasarkan pengambilan data perusahaan selama 6 hari pada bulan September 2021. Diperoleh rute distribusi perusahaan sebagai berikut;

Tabel 4. 4 rute awal perusahaan

	Rute awal / Rute Perusahaan										Total Permintaan (dus)	Total Waktu (menit)
Hari 1	RUTE 1	A1	A2	A3	A1						107	83
	RUTE 2	A1	A4	A5	A6	A1					90	100
	RUTE 3	A1	A7	A8	A9	A1					135	165
Hari 2	RUTE 4	A1	A10	A11	A12	A13	A14	A1			128	170
	RUTE 5	A1	A15	A16	A1						105	145
Hari 3	RUTE 6	A1	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A1	148	192
	RUTE 7	A1	A24	A25	A26	A27	A28	A1			115	157
Hari 4	RUTE 8	A1	A29	A30	A31	A1					128	95
	RUTE 9	A1	A32	A33	A34	A1					58	101
	RUTE 10	A1	A35	A1							150	90
Hari 5	RUTE 11	A1	A36	A37	A38	A39	A40	A1			145	121
	RUTE 12	A1	A41	A42	A43	A44	A1				141	271
Hari 6	RUTE 13	A1	A45	A46	A1						150	88
	RUTE 14	A1	A47	A48	A1						111	130
	RUTE 15	A1	A49	A1							55	90
	RUTE 16	A1	A50	A1							150	90
	Total										1916	2088
	Total waktu satuan (jam)											34.8

Proses distribusi terjadi selama 6 hari, dengan total waktu tempuh sebesar 2088 menit atau setara dengan 34.8 jam.

4.3.2. Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan

Perhitungan nilai *Fuzzy membership value* pada perusahaan AMDK Air ku dapat dilahat sebagai berikut ;

Tabel 4. 5 Perhitungan nilai *Fuzzy* Perusahaan hari 1

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE1	A1	8:00					
	A2	8:25	8:00	11:00	9:00	10:00	0.42
	A3	8:48	8:00	12:00	9:00	11:00	0.8
	A1	9:23					
RUTE 2	A1	9:23					
	A4	9:53	8:00	11:00	9:00	10:00	1
	A5	10:25	8:00	12:00	9:00	11:00	1
	A6	10:46	8:00	10:00	8:30	9:30	0
	A1	11:03					
Istirahat							
RUTE 3	A1	12:03					
	A7	12:19	13:00	17:00	14:00	16:00	0
	A8	12:59	13:00	16:00	14:00	15:00	0
	A9	14:03	13:00	16:00	14:00	15:00	1
	A1	14:48					

Tabel 4. 6 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 2

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE 4	A1	8:00					
	A10	8:35	8:00	11:00	9:00	10:00	0.58
	A11	8:46	9:00	12:00	9:30	11:30	0
	A12	9:15	8:30	11:30	9:30	10:30	0.75
	A13	9:43	8:00	11:00	9:00	10:00	1
	A14	10:22	9:00	11:00	9:30	10:30	1
	A1	10:50					
Istirahat							
RUTE 5	A1	13:00					
	A15	14:04	13:00	17:00	14:00	16:00	1
	A16	15:04	12:30	14:30	13:00	14:00	0
	A1	15:25					

Tabel 4. 7 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 3

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE 6	A1	8:00					
	A17	8:17	7:00	12:00	8:00	11:00	1
	A18	8:42	9:00	12:00	10:00	11:00	0
	A19	8:53	8:00	11:00	9:00	10:00	0.72
	A20	9:24	9:00	12:00	10:00	11:00	0.23
	A21	9:58	8:00	11:00	9:00	10:00	1
	A22	10:29	7:00	11:00	8:00	10:00	1
	A23	10:56	7:00	11:00	8:00	10:00	0.03
	A1	11:12					
Istirahat							
RUTE 7	A1	12:12					
	A24	12:38	13:00	16:00	14:00	15:00	0
	A25	13:03	13:00	16:30	14:30	15:00	0.03
	A26	13:18	13:00	15:00	13:30	14:30	0.6
	A27	13:51	13:00	16:00	14:00	15:00	0.85
	A28	14:28	13:00	16:00	14:00	15:00	1
	A1	14:49					

Tabel 4. 8 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 4

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE 8	A1	8:00					
	A29	8:24	8:00	11:00	9:00	10:00	0.2
	A30	8:35	7:00	12:00	8:00	11:00	1
	A31	9:05	8:00	11:00	9:00	10:00	1
	A1	9:35					
RUTE 9	A1	9:35					
	A32	10:08	9:00	12:00	10:00	11:00	1
	A33	10:35	8:00	11:00	9:00	10:00	0.43

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
	A34	10:51	8:00	12:00	9:00	11:00	1
	A1	11:16					
Istirahat							
RUTE 10	A1	13:00					
	A35	13:45	13:00	15:00	13:30	14:30	1
	A1	14:30					

Tabel 4. 9 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 5

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE 11	A1	8:00					
	A36	8:12	7:00	11:00	8:00	9:00	1
	A37	8:30	8:00	12:00	9:00	11:00	0.33
	A38	8:49	9:00	12:00	10:00	11:00	0
	A39	9:06	8:00	11:00	9:00	10:00	1
	A40	9:28	8:00	12:00	9:00	11:00	1
	A1	10:01					
Istirahat							
RUTE 12	A1	13:00					
	A41	13:51	13:00	16:00	14:00	15:00	0.83
	A42	14:19	13:00	16:00	14:00	15:00	1
	A43	14:54	13:00	16:00	14:00	15:00	1
	A44	16:05	13:00	16:00	14:00	15:00	0
	A1	17:31					

Tabel 4. 10 Perhitungan nilai Fuzzy Perusahaan hari 6

Rute awalan perusahaan	Tujuan	Tiba	tolerance sebelum (a)	tolerance sesudah (d)	Waktu Ideal dari (b)	Waktu ideal hingga (c)	Nilai Fuzzy (x)
RUTE 13	A1	8:00					
	A45	8:35	8:00	11:00	9:00	10:00	0.57
	A46	9:06	7:00	11:00	8:00	10:00	1
	A1	9:28					
RUTE 14	A1	9:28					
	A47	10:21	8:00	11:00	9:00	10:00	0.63
	A48	11:07	9:00	12:00	10:00	11:00	0.7
	A1	11:38					
Istirahat							
RUTE 15	A1	13:00					
	A49	13:45	14:00	17:00	15:00	16:00	0
	A1	14:30					
RUTE 16	A1	14:30					
	A50	15:25	13:00	16:00	14:00	15:00	0.58
	A1	16:00					

Pengolahan data rute awal perusahaan memiliki hasil atau nilai fuzzy yang masih memiliki nilai *fuzzy* 0 kemudian di olah mencari nilai fuzzy yang optimal sehingga tidak terdapat nilai fuzzy yang 0. Menunjukan bahwa masih terdapat ketidak tepatan waktu pengantaran / distribusi pada ritel maka dari itu perlu dilakukan pengolahan data menggunakan metode algoritma genetika *with Fuzzy Time Windows* untuk melakukan penghematan waktu tempuh dan pemaksimalan nilai *fuzzy* per toko/ritel.

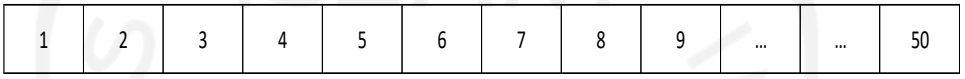
4.3.3. Algoritma Genetika *with Fuzzy Time Windows*

Pengolahan data menggunakan pengkodean dengan aplikasi Matlab dengan menggunakan metode algoritma genetika (AG), sebagai pemecahaan solusi pada penelitian ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data dengan metode AG.

4.3.2.1 Proses Algoritma Genetika.

1. **Menentukan Gen**

Pertama adalah menentukan gen, gen merupakan individu-individu yang disimpan dalam satu kromosom. Teknik pengkodean dalam penelitian ini gen merupakan bilangan *real*. Gen yang digunakan pada penelitan ini ialah notasi toko/ritel dari 2 sampai 50 sedangkan gudang bernotasi 1. Hasil Pengelompokan gen di lakukan menggunakan metode *nearest neighbor* ditransformasikan dalam bentuk kromosom.

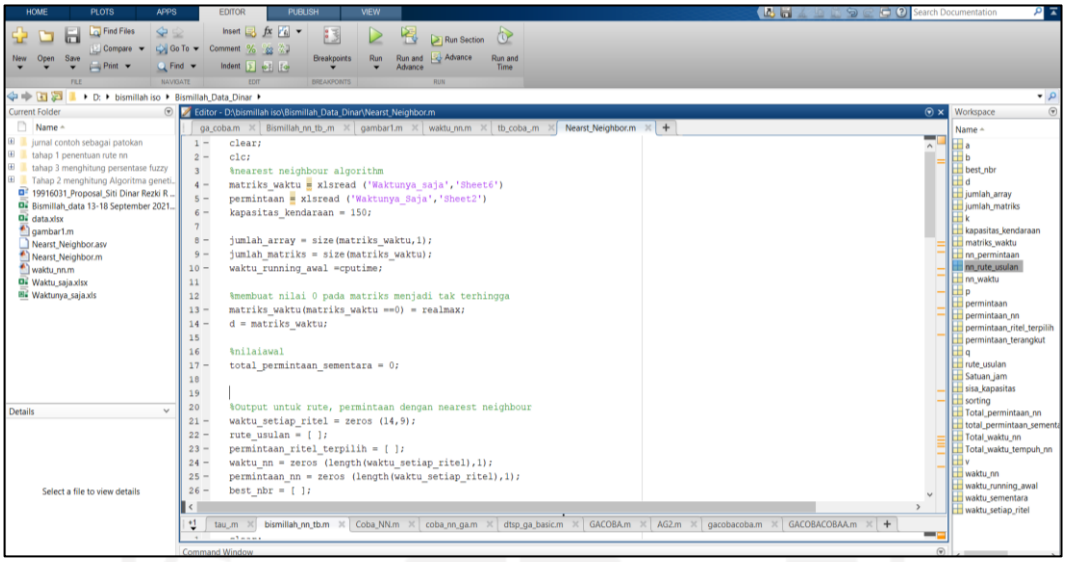


Gambar 4. 5 Gen AG

Susunan bilangan gen 1 - 50 bilangan awal, berasal dari rute awal perusahaan. Gen pada kromosom dikodekan dalam bentuk bilangan *real* sesuai dengan jumlah toko/ritel yang akan dilayani oleh kendaraan berdasarkan kapasitas kendaraan.

2. **Menentukan Kromosom Awal**

Pengelompokan suatu ritel / toko digunakan untuk mendapatkan kelompok-kelompok rute dengan memunuhi kapasitas tiap ritel / toko berdasarkan kapasitas kendaraan. Pengklusteran atau pengelompokan ini bertujuan untuk mendapatkan kelompok rute yang berbeda dari kondisi awal dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor* sebagai langkah awal dari algoritma genetika. Pengolahan data menginputkan waktu tempuh, waktu *traffic* dan waktu pelayananan. Pada pengolahan *nearest neighbor* dilakukan dengan memasukan semua total matrix waktu yang mempengaruhi waktu distribusi produk Airku dari depot ke ritel dan antara ritel/toko menuju ritel/toko lainnya. Pengolahan algoritma awal ini dimulai dari depot yang menjadi titik awal keberangkatan armada atau kendaraan kemudian mencari ritel / toko yang memiliki waktu paling cepat menuju ritel / toko selanjutnya, hal tersebut terjadi hingga kapasitas kendaraan dapet memenuhi permintaan ritel / toko yang kemudian kendraan dapat kembali ke titik awal yaitu depot.



```
clear;
clc;
%nearest neighbour algorithm
matriks_waktu = xlsread ('Waktunya_saja','Sheet6')
permintaan = xlsread ('Waktunya_Saja','Sheet2')
kapasitas_kendaraan = 150;

jumlah_array = size(matriks_waktu,1);
jumlah_matriks = size(matriks_waktu);
waktu_running_awal =cputime;

%membuat nilai 0 pada matriks menjadi tak terhingga
matriks_waktu(matriks_waktu ==0) = realmax;
d = matriks_waktu;

%nilaiawal
total_permintaan_sementara = 0;

%Output untuk rute, permintaan dengan nearest neighbour
waktu_setiap_ritel = zeros (14,9);
rute_usulan = [ ];
permintaan_ritel_terpilih = [ ];
waktu_nn = zeros (length(waktu_setiap_ritel),1);
permintaan_nn = zeros (length(waktu_setiap_ritel),1);
best_nbr = [ ];
```

Gambar 4. 6 Kode *algoritma nearest neighbor*

```
Rute ke- 1 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 2 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 3 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 4 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 5 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 6 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 142 dus
Rute ke- 7 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 143 dus
Rute ke- 8 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 9 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 146 dus
Rute ke- 10 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 130 dus
Rute ke- 11 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 12 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 150 dus
Rute ke- 13 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 75 dus
Rute ke- 14 mendistribusikan barang menggunakan "kendaraan" dengan kapasitas 80 dus>>
```

Gambar 4. 7 Hasil dari kode nearest neighbor

*Cluste*r awal pada metode ini membentuk solusi awal pada / kromosom awal pada metode algoritma genetika berdasarkan kapasitas kendaraan yang dapat memenuhi permintaan ritel /toko.

Tabel 4. 11 Hasil *Cluster* awal / kromosom awal

	Rute sebagai populasi awal										Total Permintaan (dus)	Waktu Perjalanan (menit)
Rute 1	A1	A36	A12	A6	A23	A17	A37	A33	A11	A1	150	132
Rute 2	A1	A7	A26	A16	A1						150	63
Rute 3	A1	A39	A46	A25	A40	A42	A1				150	113
Rute 4	A1	A28	A4	A18	A19	A13	A20	A1			150	154
Rute 5	A1	A38	A34	A29	A21	A14	A1				150	140
Rute 6	A1	A24	A2	A22	A8	A1					142	151
Rute 7	A1	A30	A45	A41	A27	A1					143	127
Rute 8	A1	A31	A3	A9	A1						150	118
Rute 9	A1	A48	A43	A10	A32	A1					146	130

	Rute sebagai populasi awal						Total Permintaan (dus)	Waktu Perjalanan (menit)
Rute 10	A1	A5	A49	A44	A1		130	244
Rute 11	A1	A35	A1				150	90
Rute 12	A1	A50	A1				150	90
Rute 13	A1	A47	A1				75	106
Rute 14	A1	A15	A1				80	128
	Total Permintaan (dus)						1916	1786

Tabel 4.5 merupakan hasil dari pengelompokan metode *nearest neighbor.* Pengelompokan awal yang digunakan untuk AG berdasarkan kapasitas kendaraan yang terangkut.

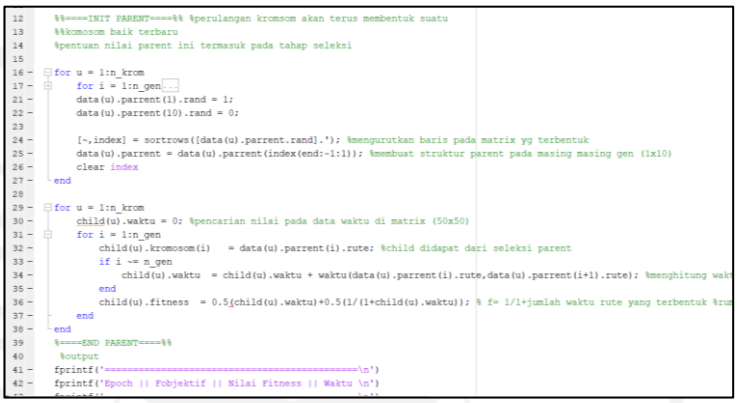
Hasil pengelompokan gen-gen tersebut dilakukan menggunakan metode *nearest neighbor* ditransformasikan dalam bentuk kromosom. Kromosom awal disajikan pada tabel 4.6 sampai 4.19 sesuai dengan jumlah toko yang akan dilayani berdasarkan kapasitas kendaraan, pada masing-masing rute. Berikut kode pencarian kromosom awal.

Tabel 4. 12 kromosom awal

	kromosom									
kromosom 1	1	36	12	6	23	17	37	33	11	1
kromosom 2	1	7	26	16	1					
kromosom 3	1	39	46	25	40	42	1			
kromosom 4	1	28	4	18	19	13	20	1		
kromosom 5	1	38	34	29	21	14	1			
kromosom 6	1	24	2	22	8	1				
kromosom 7	1	30	45	41	27	1				
kromosom 8	1	31	3	9	1					
kromosom 9	1	48	43	10	32	1				
kromosom 10	1	5	49	44	1					
kromosom 11	1	35	1							
kromosom 12	1	50	1							
kromosom 13	1	47	1							
kromosom 14	1	15	1							

3. Seleksi, Crossover, dan mutasi

Pada proses seleksi, *crossover* dan mutasi dilakukan secara otomatis oleh aplikasi perangkat lunak Matlab R2016b. Pencarian kromosom dan perulangan hingga menentukan nilai fitness terbaik pada masing masing kromosom.



```
%%====INIT PARENT====%% %perulangan kromsom akan terus membentuk suatu
%%kromosom baik terbaru
%pentuan nilai parent ini termasuk pada tahap seleksi

for u = 1:n_krom
    for i = 1:n_gen...
    data(u).parent(1).rand = 1;
    data(u).parent(10).rand = 0;

    [~,index] = sortrows([data(u).parrent.rand].'); %mengurutkan baris pada matrix yg terbentuk
    data(u).parrent = data(u).parrent(index(end:-1:1)); %membuat struktur parent pada masing masing gen (1x10)
    clear index
end

for u = 1:n_krom
    child(u).waktu = 0; %pencarian nilai pada data waktu di matrix (50x50)
    for i = 1:n_gen
        child(u).kromosom(i)   = data(u).parrent(i).rute; %child didapat dari seleksi parent
        if i ~= n_gen
            child(u).waktu  = child(u).waktu + waktu(data(u).parrent(i).rute,data(u).parrent(i+1).rute); %menghitung wakt
        end
        child(u).fitness  = 0.5(child(u).waktu)+0.5(1/(1+child(u).waktu)); % f= 1/1+jumlah waktu rute yang terbentuk %ru
    end
end
%====END PARENT====%%
 %output
fprintf('=============================================\n')
fprintf('Epoch || Fobjektif || Nilai Fitness || Waktu \n')
```

Gambar 4. 8 Kode Proses Pencarian *Parent* / kromosom induk untuk menampilkan perulangan nilai *Fitness*

Nilai fitnes terbaik di dapat dari pencarian nilai rute terpendek dengan nilai fuzzy maksimal. Diperoleh rute terpendek berdasarkan rute terpendek dan pemaksimuman nilai fuzzy. Kode nilai fuzzy dapat dilihat pada gambar

```
child(u).fitness_route = 1/(1+child(u).waktu);
child(u).fitness  = 0.5*child(u).fitness_route + 0.5*fitness_fuzzy;

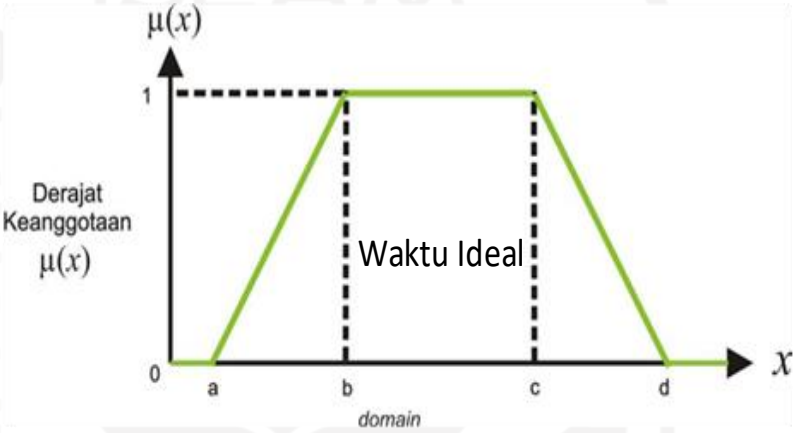
for p = 2:(n_gen - 1)
    if child(u).route_fuzz(p) == 0
        child(u).fitness = 0;
    end
```

Gambar 4. 9 kode nilai fitness

Epoch merupakan jumlah iterasi atau dengan kata lain ialah populasi yang dibangkitkan sesuai dengan jumlah yang diinginkan. Semakin banyak populasi yang dibangkitkan akan semakin banyak peluang nilai optimum. Nilai F *objective* merupakan nilai keseragaman dari perulangan masing proses AG pada setiap kromosomnya. Nilai fitness merupakan minimasi waktu terpendek, semakin tinggi nilai fitness maka waktu akan semakin cepat. Waktu merupakan nilai waktu akhir pada rute. Proses perulangan secara otomatis akan berhenti sesuai dengan jumlah iterasi yang telah ditentukan.sampai nilai *fitness* optimum dan tidak mengalami perubahaan

nilai. Waktu merupakan nilai waktu akhir pada rute yang terjadi pada pembangkitan yang telah ditentukan.

Fuzzy trapezium dengan jendela waktu kedatangan kendaraan distribusi pada waktu a hingga d. Tingkat layanan terbaik jika kendaraan tiba dan melayani ritel atau toko antara waktu b dan waktu c yang diberikan pada ritel / toko.



$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \; atau \; x \geq d \\ \dfrac{(x-a)}{(b-a)}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \dfrac{(d-x)}{(d-c)} & x \geq d \end{cases} , \qquad (4.4)$$

Selanjutnya mencari nilai perulangan pada kedua fungsi tersebut, untuk mendapatkan hasil yang optimal.

```
waktu_hari = [1,2,3,4,5,6 ;]

hourTemplate = [ 8    9    10    11; %A2 %rute6 %time windows
                 8    9    11    12; %A3 %rute8
                 8    9    10    11; %A4 %rute4
                 13   14   15    16; %A5 %rute10
                 8    8.5  9.5   10; %A6 %rute1
                 8    9    11    12; %A7 %rute2
                 8    9    10    11; %A8 %rute6
                 8    9    10    11; %A9 %rute8
                 8    9    10    11; %A10 %rute9
                 9    9.5  11.5  12 ; %A11 %rute1
                 8.5  9.5  10.5  11.5; %A12 %rute1
                 8    9    10    11; %A13 %rute4
                 9    9.5  10    11; %A14 %rute5
                 13   14    16   17; %A15 %rute14
                 8    9    10    11; %A16 %rute2
                 7    8    11    12; %A17 %rute1
                 9    10   11    12; %A18 %rute4
                 8    9    10    11; %A19 %rute4
                 9    10   11    12; %A20 %rute4
                 8    9    10    11; %A21 %rute5
                 7    8    10    11; %A22 %rute6
                 9    10   11    12; %A23 %rute1
                 7    8    9     10; %A24 %rute6
                 13   14.5 15    16.5;%A25 %rute3
                 8    9    10    11; %A26 %rute2
```

Gambar 4. 10 iterasi program fuzzy time masing-masing ritel

Proses iterasi atau pembangkitan pada program untuk mendapatkan nilai fitness terbaik dilakukan sebanyak 1000 kali perulangan, Hasil dari pembangkitan tersebut merupakan nilai fitness terbaik, dan waktu rute terpendek.

```
%================= crossover ====================
child(9).kromosom  = child(2).kromosom;
child(10).kromosom = child(1).kromosom;
for p = 1:round(n_gen/2)
    child(9).kromosom(end) = [];
    child(10).kromosom(end) = [];
end
for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
    cr1(p) = child(2).kromosom(n_gen - p);
    cr2(p) = child(1).kromosom(n_gen - p);
end
for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
    child(9).kromosom(end + 1)  = cr1(p);
    child(10).kromosom(end + 1) = cr2(p);
end
child(9).kromosom(end + 1)  = 1;
child(10).kromosom(end + 1) = 1;
```

Gambar 4. 11 Kode Proses *Crossover* perkalian gen

Proses *crossover* dilakukan sebagai pembangkitan kromosom baru dengan perkalian silang antar gen dalam suatu kromosom. Pada gambar 4.10 merupakan perkalian antara *child* (9).kromosom dengan *child* (2).kromosom dan perkalian antara *child* (10). kromosom dengan *child* (1).kromosom. Kromosom-kromosom tersebut menjadi kromosom gabungan dan menghilangkan gen yang sama. Hasil akhir akan berupa kromosom optimal yang digunakan sebagai solusi.

```
%================= mutation ====================
    rv1 = rand(1);
    rv2 = rand(1);
    ra = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rb = ra + randi(round((n_gen-3)/2));
    rc = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rd = rc + randi(round((n_gen-3)/2));
    re = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rf = re + randi(round((n_gen-3)/2));

    off1 = zeros(n_gen,1);
    off2 = zeros(n_gen,1);

    for i = 1:n_gen
        off1(i) = child(9).kromosom(i);
        off2(i) = child(10).kromosom(i);
    end

    if rv1 >= 0 && rv1 <= 0.2
        child(9).kromosom(ra)   = off1(rb);
        child(9).kromosom(rb)   = off1(ra);
    elseif rv1 >= 0.2 && rv1 <= 0.4
        child(9).kromosom(ra)   = off1(rb);
        child(9).kromosom(rb)   = off1(ra);
        for i = 1:n_gen
            off1(i) = child(9).kromosom(i);
        end

dan seterusnya
```

Gambar 4. 12 Kode Proses Mutasi

Proses selanjutnya adalah proses mutasi yang merupakan proses ekplorasi gen agar solusi mendekati optimal. Proses mutasi pada kode dipengaruhi adanya sistem pertukaran acak (*rand*) yang memindahkan gen. Jumlah kromosom yang mengalami mutasi dalan satu populasi juga ditentukan oleh parameter probabilitas mutasi (*pm*). Penelitian ini menggunakan perulangan Pm (0 sampai 0.6) . Untuk memilih gen yang akan dimutasi dilakukan pembangkitan acak dari bilangan random pada kode *rand*.

```
fprintf('=============================================\n')
fmt=['Kromosom terbaik = ' repmat('
%d',1,numel(child(1).kromosom)) '\n'];
fprintf(fmt,child(1).kromosom)
```

Gambar 4. 13 Kode menampilkan rute terbaik pada kromosom

Gambar 4. 12 merupakan tampilan rute terbaik pada kromosom menghasilkan kromosom baru yang dijadikan sebagai solusi tebaik. Proses pengolahan berlangsung otomatis dan akan berhenti sesuai dengan interasi yang di inputkan pada kode. Pada penelitian ini solusi akan berhenti pada 1000 kali perulangan proses AG yang di outputkan pada *epoch*.

4.3.3. Algoritma Genetika dengan Fuzzy Time Windows

4.3.3.1 Algoritma Genetika with Fuzzy Time Windows

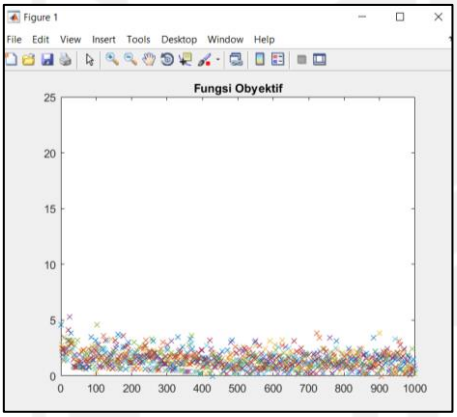
Pengolahan menggunakan Algoritma Genetika with Fuzzy time widows hasil dapat dilihat sebagai berikut;

A. Rute 1 Hasil AG-FTW

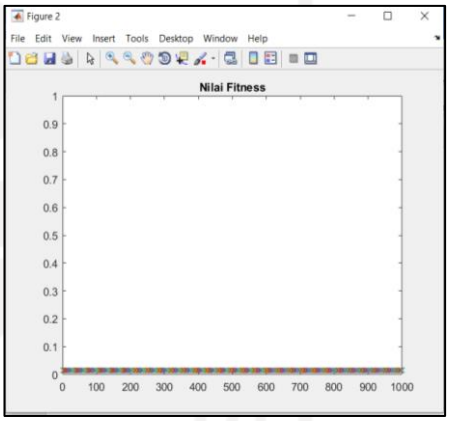
Tabel 4. 13 kromosom awal (rute 1)

A1	A36	A12	A6	A23	A17	A37	A33	A11	A1
150									

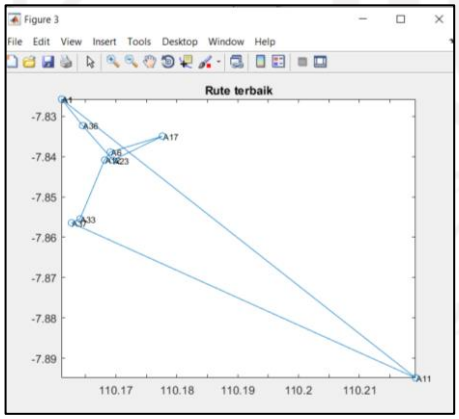
Tabel 4. 13 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



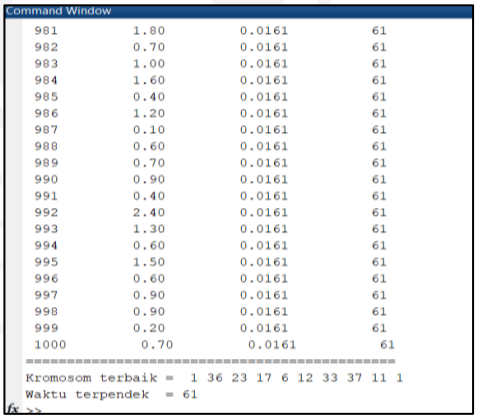
Gambar 4. 14 grafik nilai Obyektif rute 1



Gambar 4. 15 grafik nilai fitness rute 1



Gambar 4. 16 Rute 1

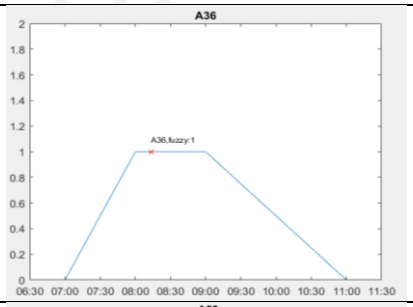
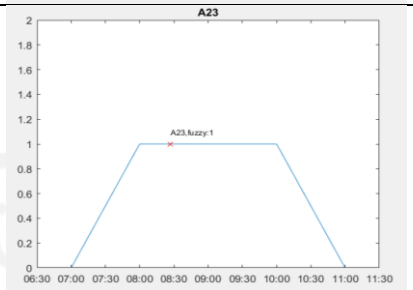
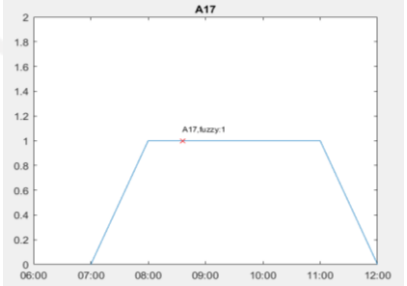


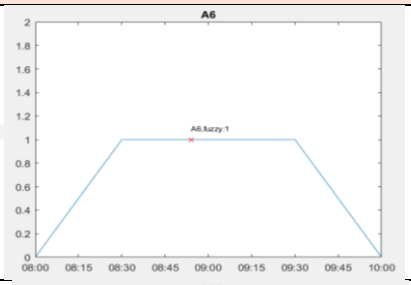
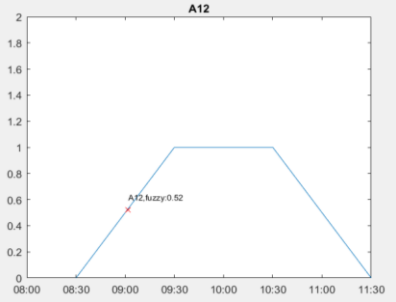
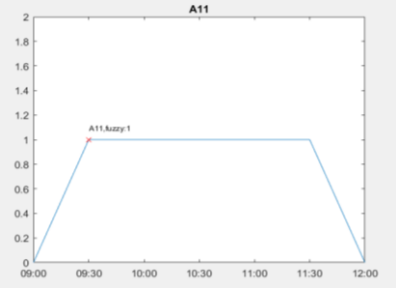
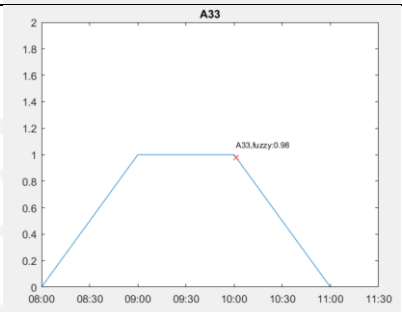
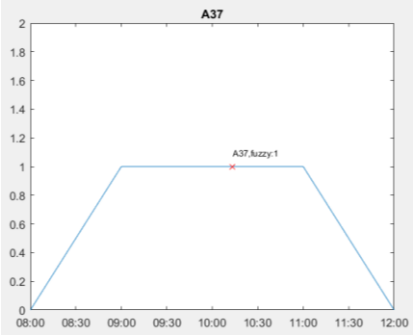
Gambar 4. 17 Output hasil rute 1

Pada Gambar 4.14 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 1. Gambar 4.17 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan

pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.15 serbesar 0.0161 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A36-A23-A17-A6-A12-A11-A33-A37-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 61 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 151 menit untuk rute pertama dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Hasil Nilai Fuzzy Rute 1

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:00						
A36	8:12	7:00	8:00	9:00	11:00	1	
A23	8:25	7:00	8:00	10:00	11:00	1	
A17	8:37	7:00	8:00	11:00	12:00	1	

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A6	8:50	8:00	8:30	9:30	10:00	1	
A12	9:01	8:30	9:30	10:30	11:30	0.52	
A11	9:30	9:00	9:30	11:30	12:00	1	
A33	10:01	8:00	9:00	10:00	11:00	0.98	
A37	10:12	8:00	9:00	11:00	12:00	1	

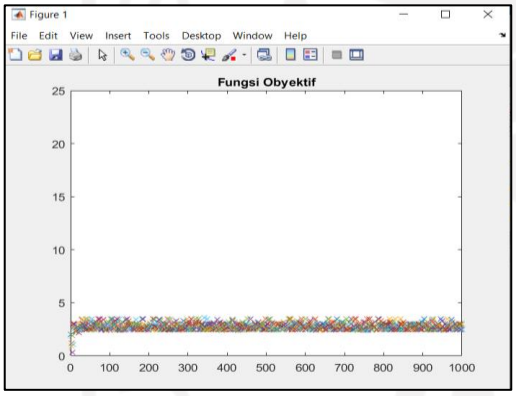
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	10:31						

B. Rute 2 Hasil AG-FTW

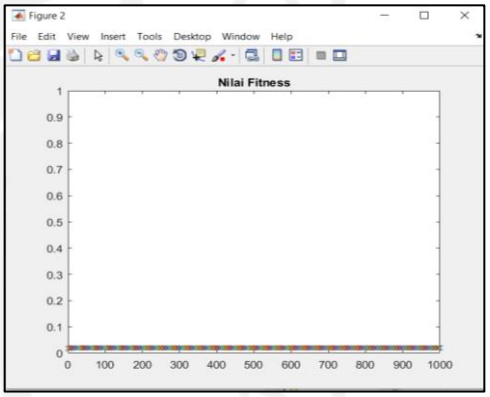
Tabel 4. 15 kromosom awal (rute 2)

A1	A39	A46	A25	A40	A42	A1
150						

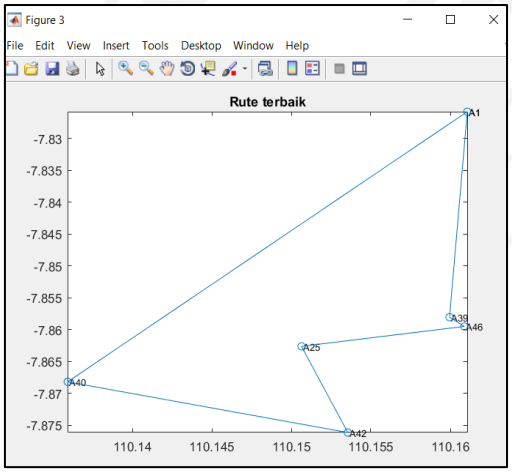
Tabel 4. 15 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



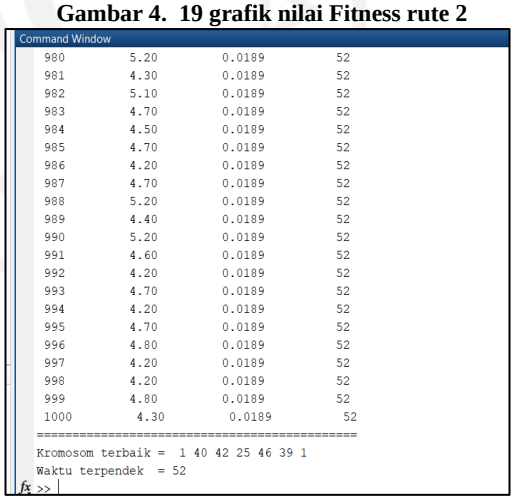
Gambar 4. 18 grafik nilai Obyektif rute 2



Gambar 4. 19 grafik nilai Fitness rute 2



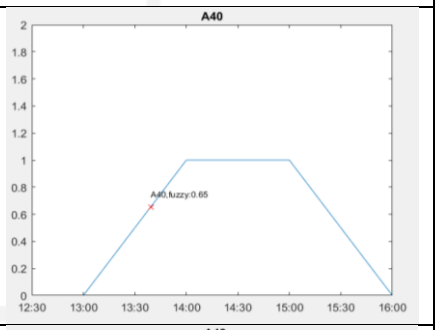
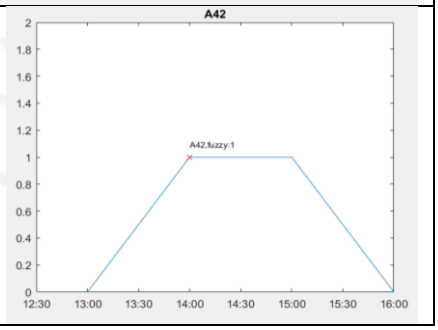
Gambar 4. 20 Rute 2

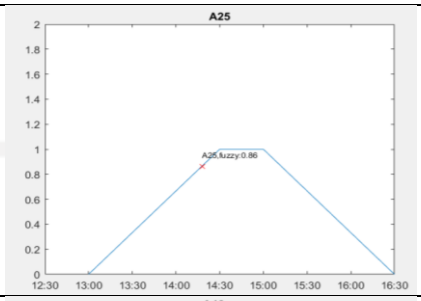
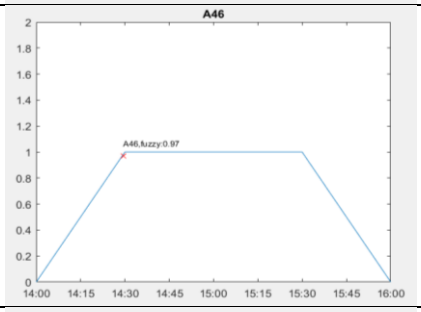
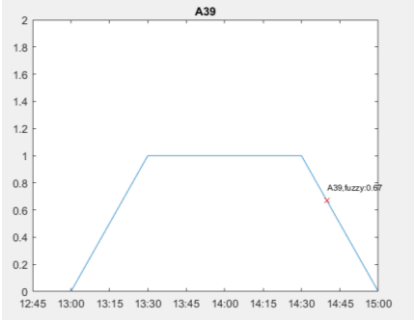


Gambar 4. 21 Output hasil rute 2

Pada Gambar 4.18 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 3. Gambar 4.21 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.19 serbesar 0.0189 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A40-A42-A25-A46-A39- A1 dengan total waktu perjalan sebesar 52 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 112 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Hasil Nilai Fuzzy Rute 2

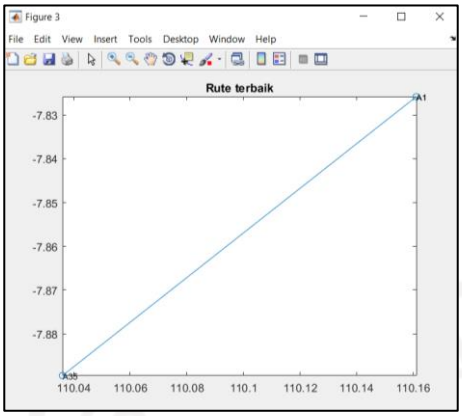
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13:10						
A40	13:39	13:00	14:00	15:00	16:00	0.65	
A42	14:00	13:00	14:00	15:00	16:00	1	

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A25	14:17	13:00	14:30	15:00	16:30	0.86	
A46	14:29	14:00	14:30	15:30	16:00	0.97	
A39	14:40	13:00	13:30	14:30	15:00	0.67	
A1	15:02						

C. Rute 3 Hasil AG-FTW

Tabel 4. 17 kromosom awal rute 3

A1	A35	A1
150		



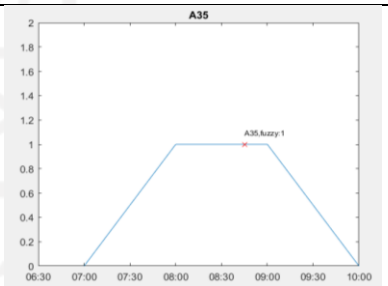
Gambar 4. 22 rute 3

```
Kromosom terbaik =  1 35 1
Waktu terpendek  = 70
>>
```

Gambar 4. 23 Output hasil Rute 3

Pada rute 3 hanya memiliki satu gen pada satu kromosom sehingga tidak terjadi pembangkitan populasi yang berasal dari kromosom 11. Maka rute optimum pada kromosom sebelas adalah A1 – A35 – A1 dengan total waktu 90 menit. Nilai Fuzzy untuk rute 3 dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Hasil Nilai Fuzzy Rute 3

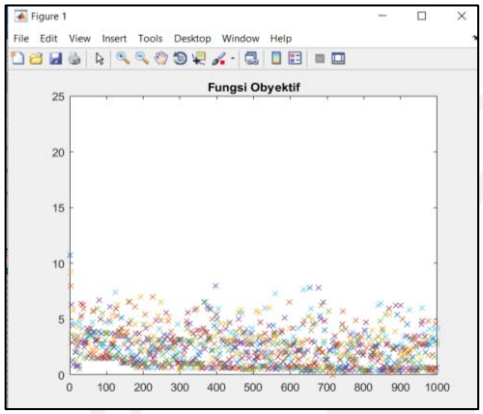
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:00						
A35	8:45	7:00	8:00	9:00	10:00	1	
A1	9:30						

D. Rute 4 Hasil AG-FTW

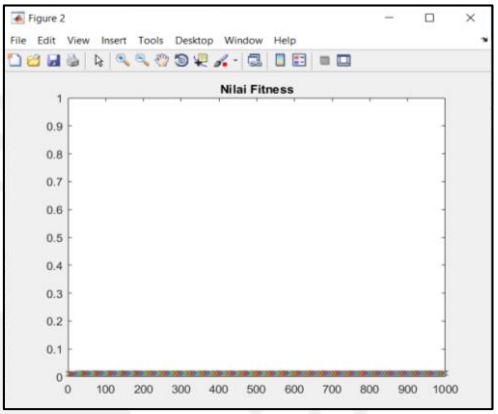
Tabel 4. 19 Kromosom awal rute 4

A1	A28	A4	A18	A19	A13	A20	A1
150							

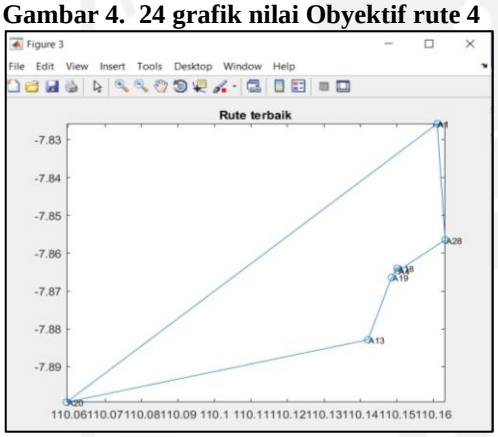
Tabel 4. 19 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



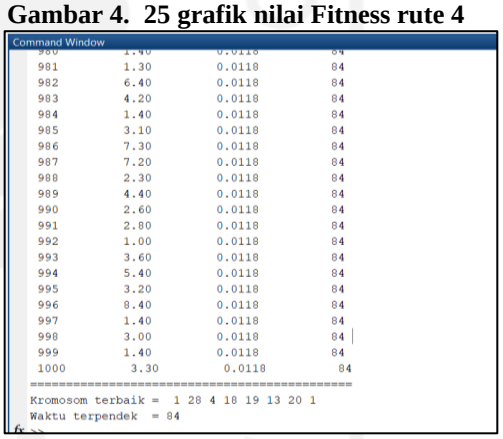
Gambar 4. 24 grafik nilai Obyektif rute 4



Gambar 4. 25 grafik nilai Fitness rute 4



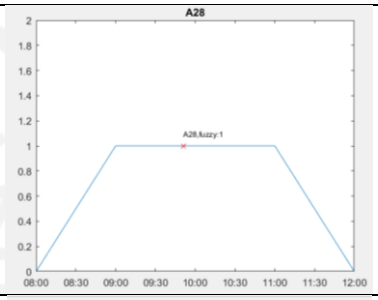
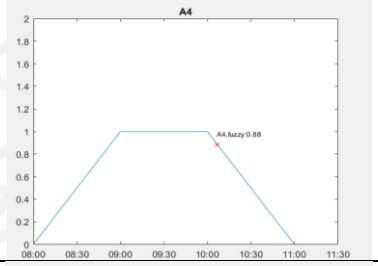
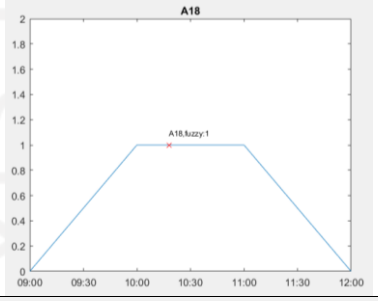
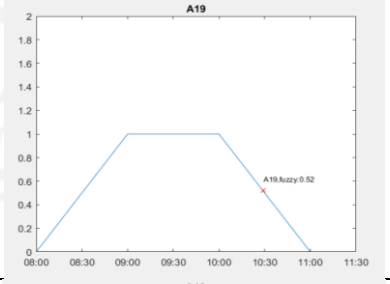
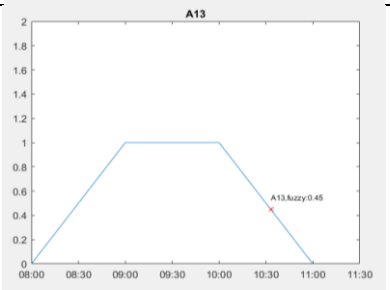
Gambar 4. 26 Rute 4

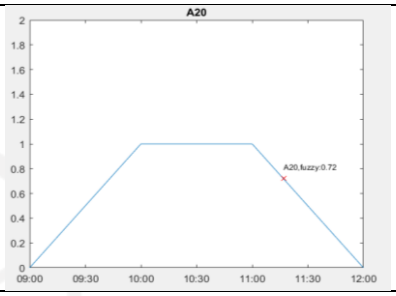


Gambar 4. 27 Output Hasil Rute 4

Pada Gambar 4.24 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 3. Gambar 4.27 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.25 serbesar 0.0110 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A28-A4-A10-A19-A13-A20- A1 dengan total waktu perjalan sebesar 84 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 154 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Hasil Nilai Fuzzy Rute 4

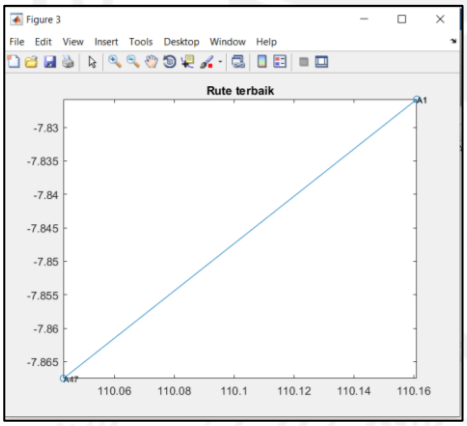
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	9:30						
A28	9:51	8:00	9:00	11:00	12:00	1	
A4	10:07	8:00	9:00	10:00	11:00	0.88	
A18	10:18	9:00	10:00	11:00	12:00	1	
A19	10:29	8:00	9:00	10:00	11:00	0.52	
A13	10:43	8:00	9:00	10:00	11:00	0.45	

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A20	11:17	9:00	10:00	11:00	12:00	0.72	
A1	12:04						

E. Rute 5 Hasil AG-FTW

Tabel 4. 21 kromosom awal (rute 5)

A1	A47	A1
75		



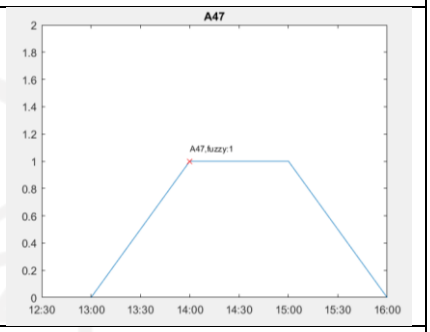
Gambar 4. 28 Rute 5

```
Kromosom terbaik =  1 47 1
Waktu terpendek  = 86
```

Gambar 4. 29 Hasil rute 5

Pada rute 5 hanya memiliki satu gen pada satu kromosom sehingga tidak terjadi pembangkitan populasi yang berasal dari kromosom 13. Maka rute optimum pada kromosom sebelas adalah A1 – A47 – A1 dengan total waktu 86 menit. Nilai *Fuzzy* untuk rute 5 dapat dilihat pada tabel 4.22.

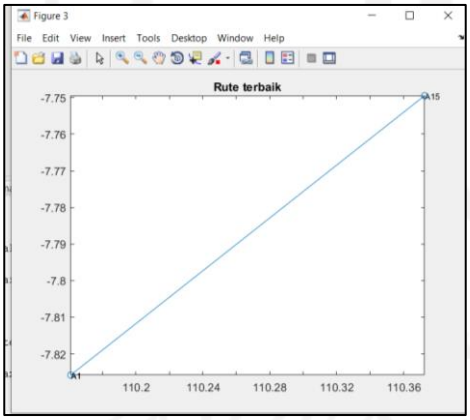
Tabel 4. 22 Hasil Fuzzy Rute 5

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13:07						
A47	14:00	13:00	14:00	15:00	16:00	1	
A1	14:53						

F. Rute 6 Hasil AG-FTW

Tabel 4. 23 Kromosom awal (Rute 6)

A1	A15	A1
80		



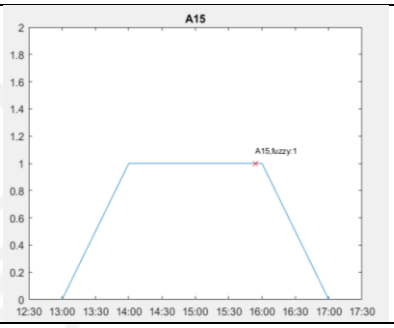
Gambar 4. 30 Rute 6

```
Kromosom terbaik =  1 15 1
Waktu terpendek  = 108
>>
```

Gambar 4. 31 Hasil Rute 6

Pada rute 6 hanya memiliki satu gen pada satu kromosom sehingga tidak terjadi pembangkitan populasi yang berasal dari kromosom 14. Maka rute optimum pada kromosom sebelas adalah A1 – A15 – A1 dengan total waktu 108 menit. Nilai *Fuzzy* untuk rute 6 dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4. 24 Hasil Fuzzy Rute 6

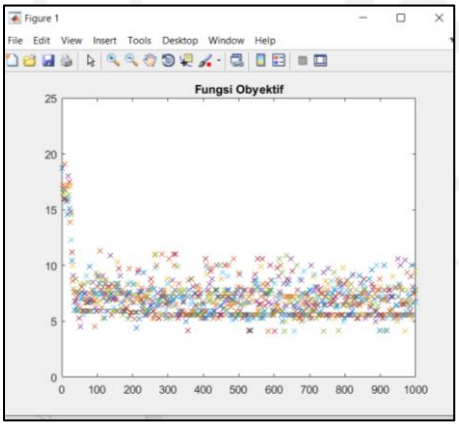
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	14:53						
A15	15:57	13:00	14:00	16:00	17:00	1	
A1	16:07						

G. Rute 7 Hasil AG-FTW

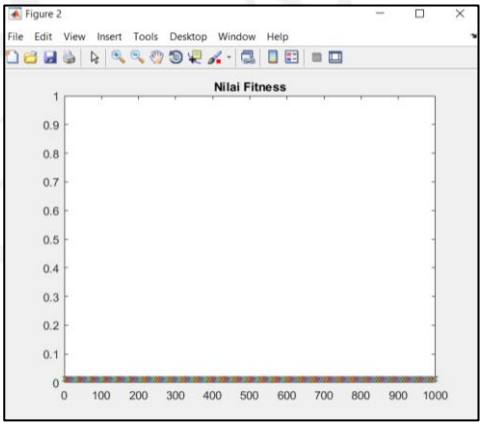
Tabel 4. 25 Kromosom awal (rute 7)

A1	A38	A34	A29	A21	A14	A1
150						

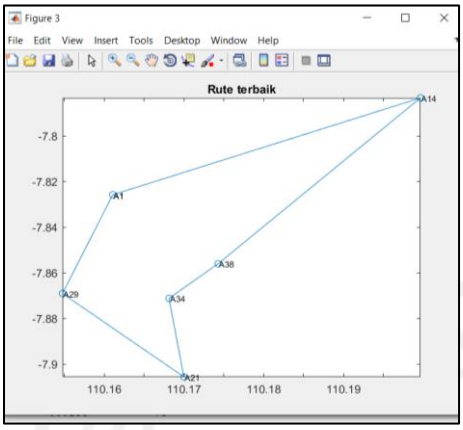
Tabel 4. 25 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



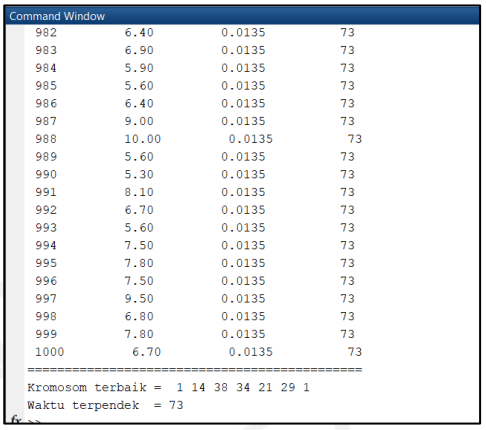
Gambar 4. 32 grafik nilai Obyektif rute 7



Gambar 4. 33 grafik nilai Fitness rute 7



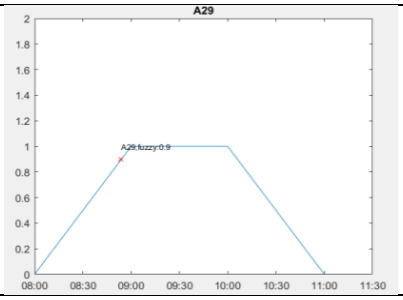
Gambar 4. 34 Rute 7

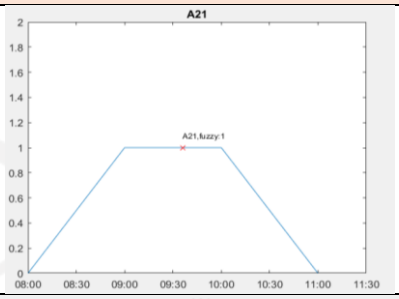
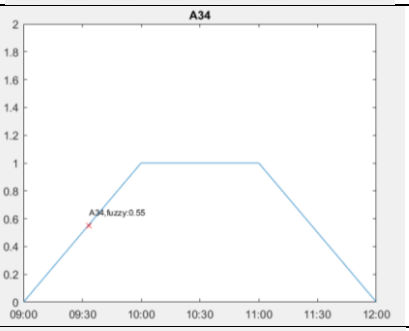
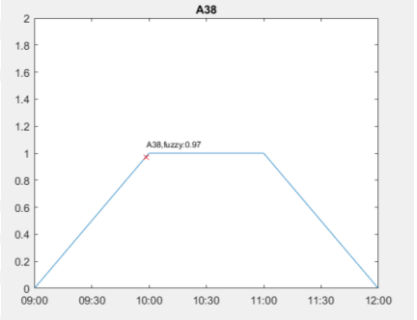
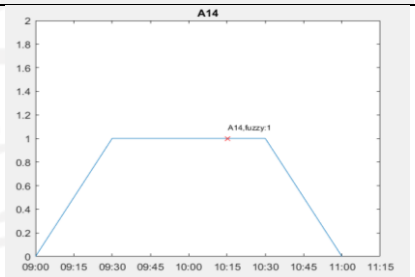
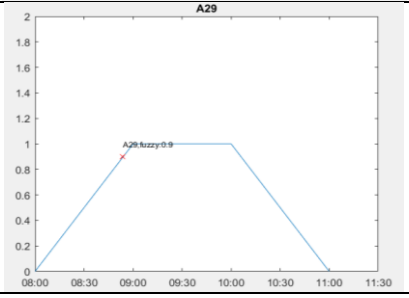


Gambar 4. 35 Hasil Rute 7

Pada Gambar 4.32 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 5. Gambar 4.35 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.33 serbesar 0.0135 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A29-A21-A34-A38-A14- A1 dengan total waktu perjalan sebesar 73 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 133 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Hasil nilai Fuzzy rute 7

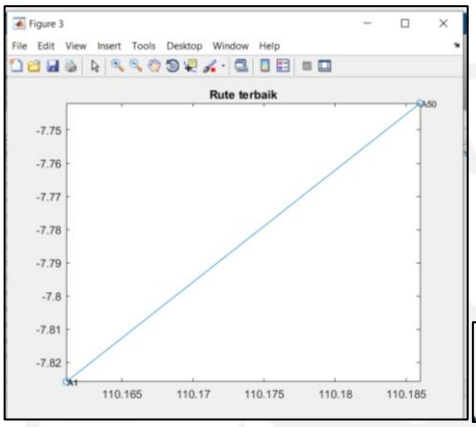
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:30						
A29	8:54	8:00	9:00	10:00	11:00	0.9	

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A21	9:12	8:00	9:00	10:00	11:00	1	
A34	9:33	9:00	10:00	11:00	12:00	0.55	
A38	9:48	9:00	10:00	11:00	12:00	0.97	
A14	10:15	9:00	9:30	10:30	11:00	1	
A1	10:43						

H. Rute 8 Hasil AG-FTW

Tabel 4. 27 Kromosom awal (Rute 8)

A1	A50	A1
150		



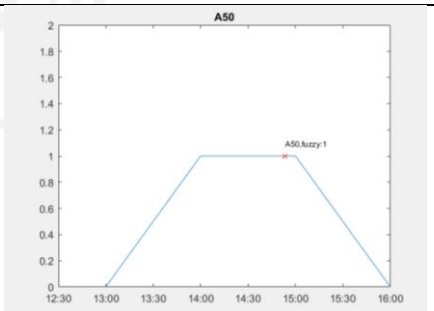
Gambar 4. 36 Rute 8

```
Kromosom terbaik =  1 50 1
Waktu terpendek  = 70
```

Gambar 4. 37 Hasil rute 8

Pada rute 8 hanya memiliki satu gen pada satu kromosom sehingga tidak terjadi pembangkitan populasi yang berasal dari kromosom 12. Maka rute optimum pada kromosom sebelas adalah A1 – A50– A1 dengan total waktu 108 menit. Nilai *Fuzzy* untuk rute 6 dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4. 28 Hasil nilai Fuzzy rute 8

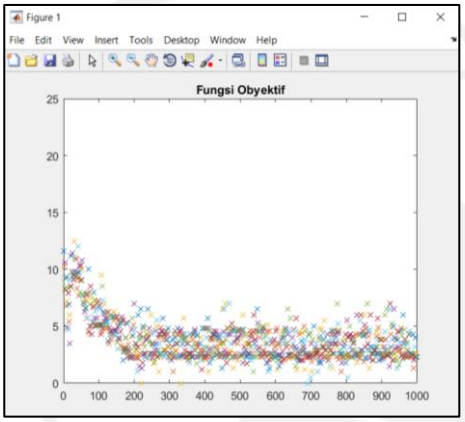
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13:30						
A50	14:15	13:00	14:00	15:00	16:00	1	
A1	15:00						

I. Rute 9 Hasil AG-FTW

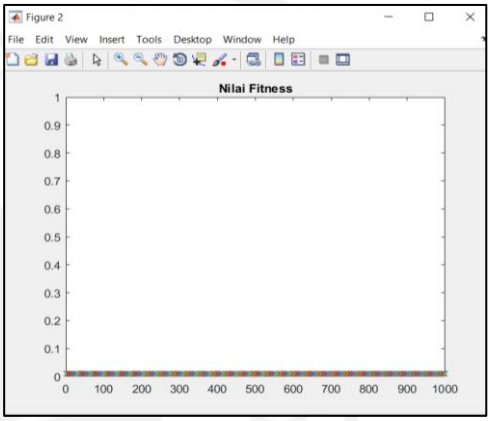
Tabel 4. 29 Kromosom awal (rute 9)

A1	A24	A2	A22	A8	A1
142					

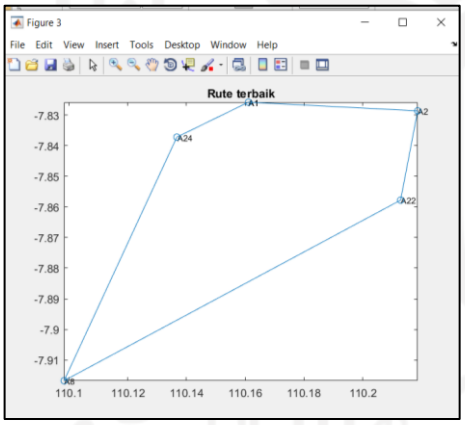
Tabel 4. 29 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



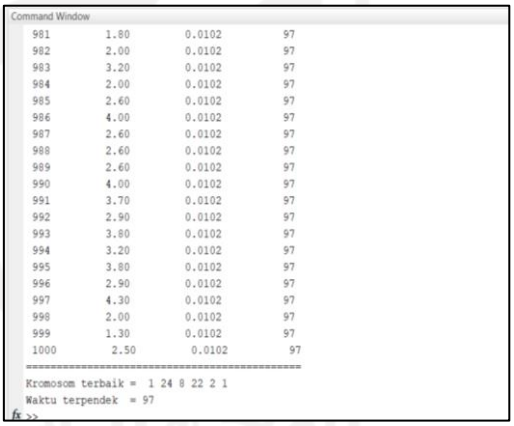
Gambar 4. 38 grafik nilai Obyektif rute 9



Gambar 4. 39 grafik nilai Fitness rute 9



Gambar 4. 40 Rute 9

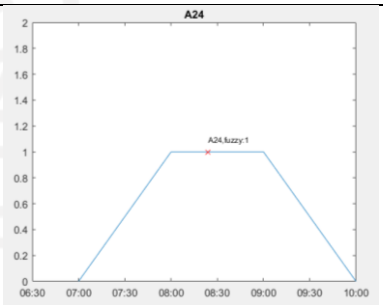
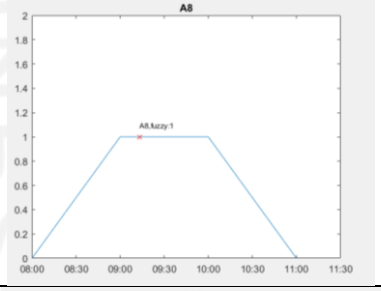
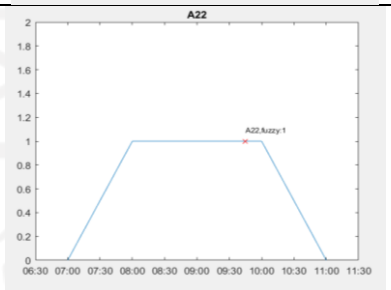
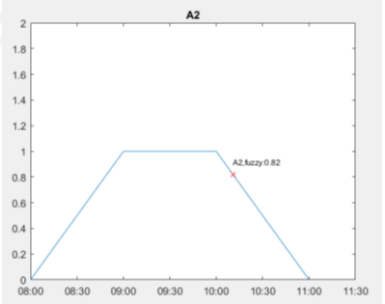


Gambar 4.41 Hasil Output rute 9

Pada Gambar 4.38 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 6. Gambar 4.41 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.39 serbesar 0.0102 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A24-A8-A22-A2-A1 dengan total waktu

perjalan sebesar 97 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 147 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Hasil nilai fuzzy rute 9

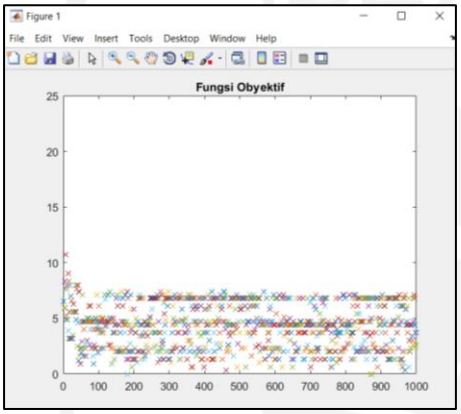
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:00						
A24	8:22	7:00	8:00	9:00	10:00	1	
A8	9:02	8:00	9:00	10:00	11:00	1	
A22	9:45	7:00	8:00	10:00	11:00	1	
A2	10:02	8:00	9:00	10:00	11:00	0.82	
A1	10:27						

J. Rute 10 Hasil AG-FTW

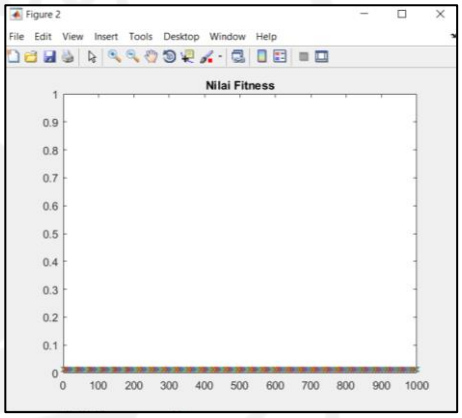
Tabel 4. 31 Kromosom awal (rute 10)

A1	A30	A45	A41	A27	A1
143					

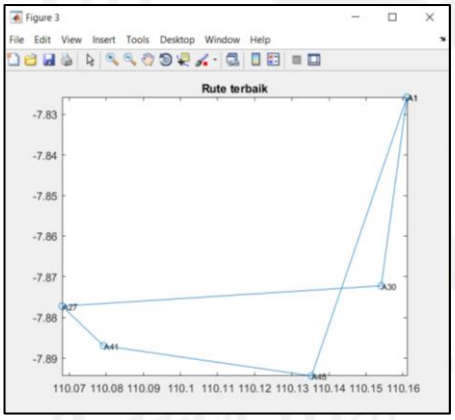
Tabel 4. 31 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



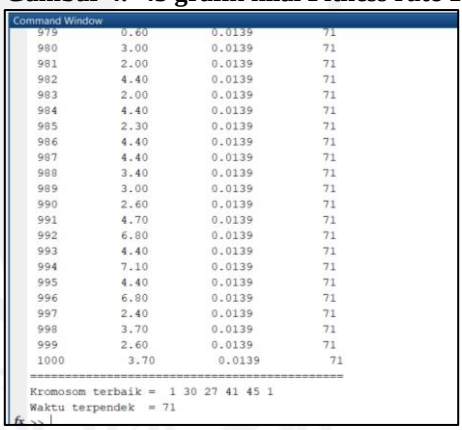
Gambar 4. 42 grafik nilai Obyektif rute 10



Gambar 4. 43 grafik nilai Fitness rute 10



Gambar 4. 44 Rute 10

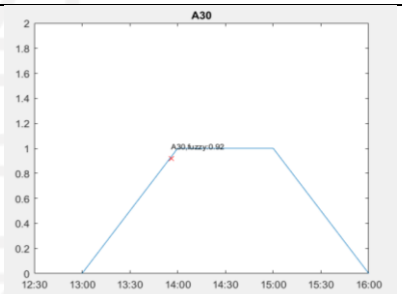
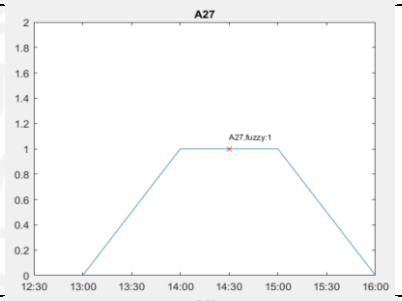
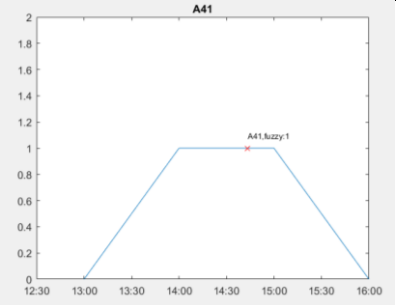
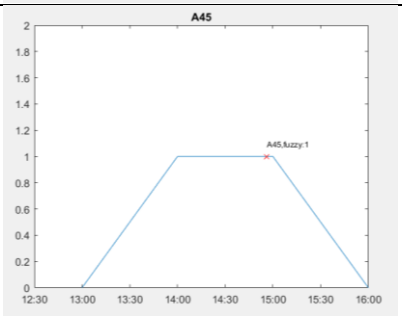


Gambar 4. 45 Hasil rute 10

Pada Gambar 4.43 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 7. Gambar 4.45 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.43 serbesar 0.0139 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai

keputusan rute pertama ialah A1-A30-A72-A41-A45-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 71 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 121 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Hasil nilai Fuzzy rute 10

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	toleranc e sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13: 30						
A30	13: 55	13:00	14:00	15:00	16:00	0.92	
A27	14: 27	13:00	14:00	15:00	16:00	1	
A41	14: 42	13:00	14:00	15:00	16:00	1	
A45	14: 57	13:00	14:00	15:00	16:00	1	

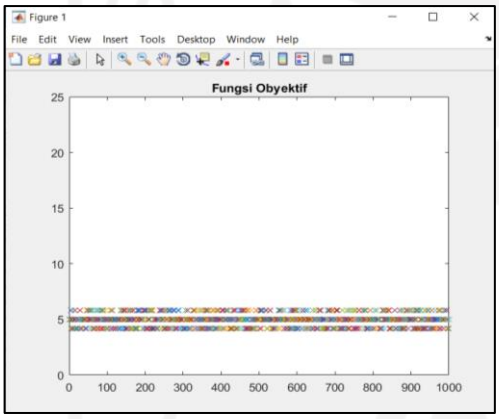
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	toleranc e sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	15: 31						

K. Rute 11 Hasil AG-FTW

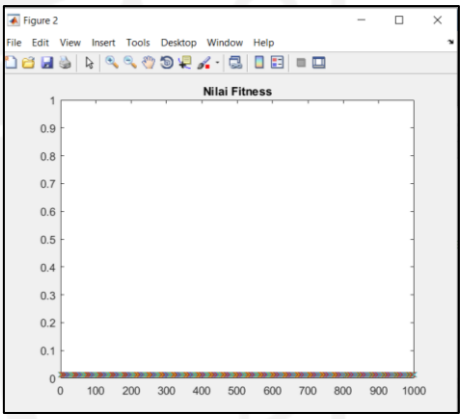
Tabel 4. 33 Kromosom awal (rute 11)

A1	A31	A3	A9	A1
150				

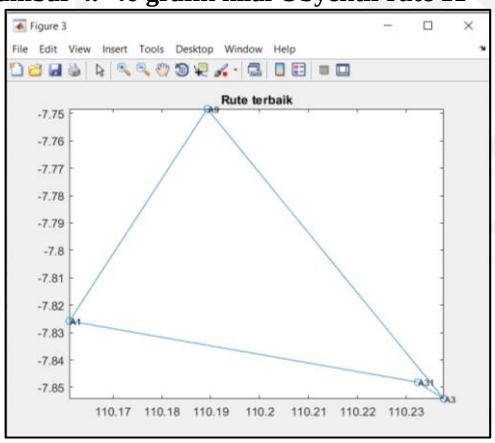
Tabel 4. 31 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



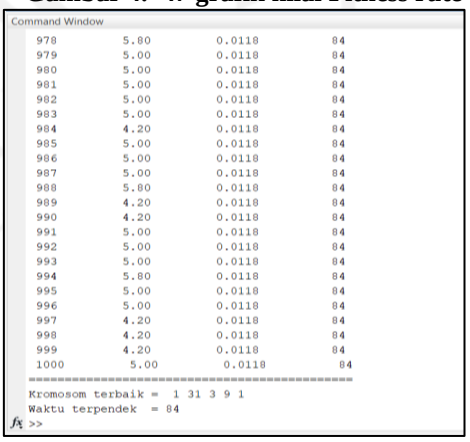
Gambar 4. 46 grafik nilai Obyektif rute 11



Gambar 4. 47 grafik nilai Fitness rute 11



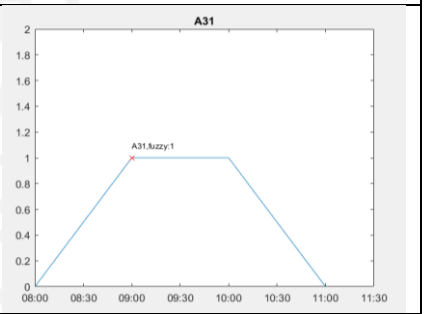
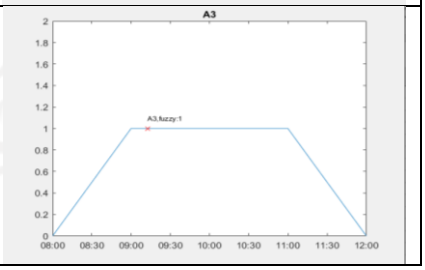
Gambar 4. 48 Rute 11

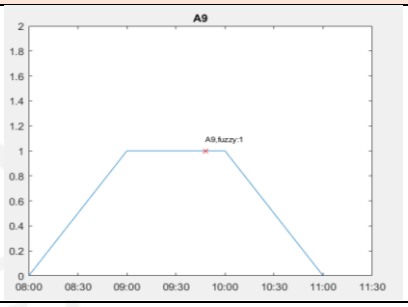


Gambar 4. 49 Hasil output rute 11

Pada Gambar 4.46 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 8. Gambar 4.49 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.47 serbesar 0.0118 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A31-A3-A9-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 84 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 124 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4. 34 Hasil nilai fuzzy rute 11

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:30						
A31	9:00	8:00	9:00	10:00	11:00	1	
A3	9:13	8:00	9:00	11:00	12:00	1	

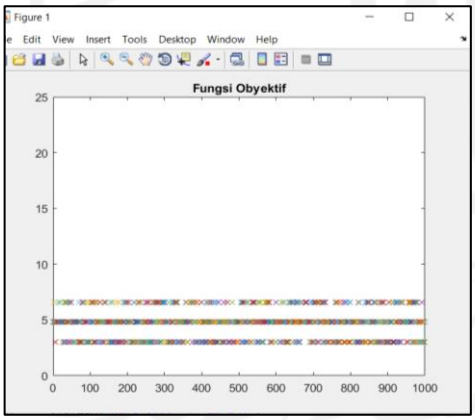
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A9	9:49	8:00	9:00	10:00	11:00	1	
A1	10:34						

L. Rute 12 Hasil AG-FTW

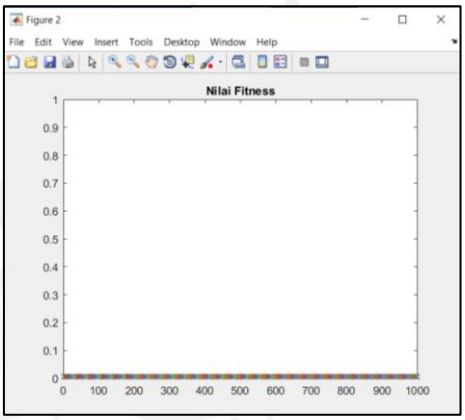
Tabel 4. 35 Kromosom awal (rute 12)

A1	A5	A49	A44	A1
130				

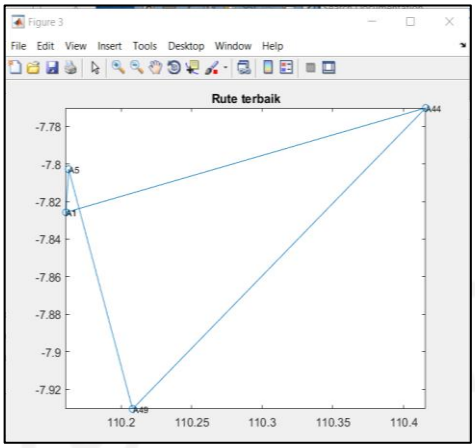
Tabel 4. 35 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



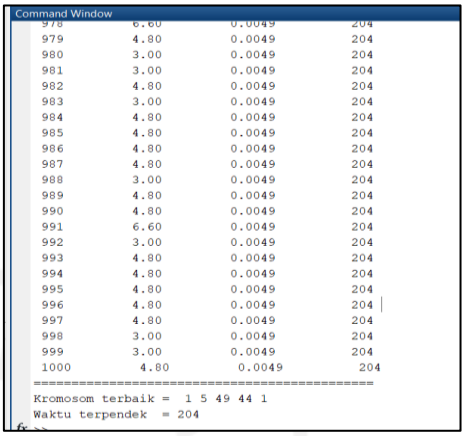
Gambar 4. 50 grafik nilai Obyektif rute 12



Gambar 4. 51 grafik nilai fitness rute 12



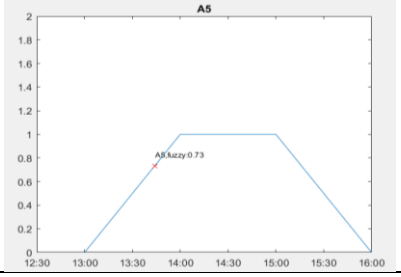
Gambar 4. 52 Rute 12

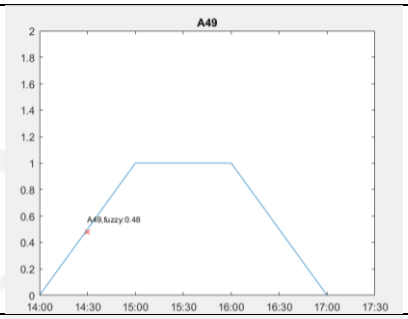
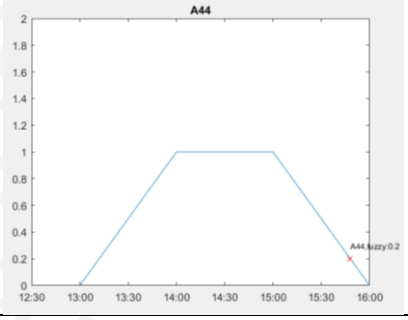


Gambar 4. 53 Hasil output rute 12

Pada Gambar 4.50 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 10. Gambar 4.53 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.51 serbesar 0.0118 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A5-A49-A44-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 204 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 234 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Hasil nilai fuzzy rute 12

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	toleranc e sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13:10						
A5	13:44	13:00	14:00	15:00	16:00	0.73	

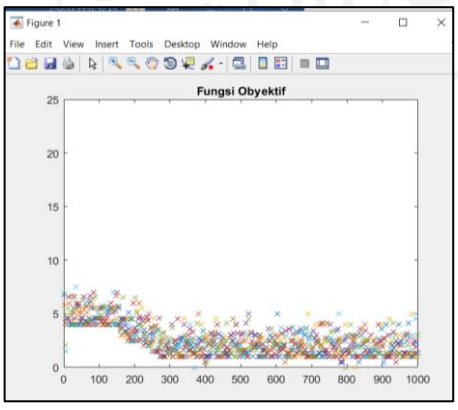
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	toleranc e sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A49	14:29	14:00	15:00	16:00	17:00	0.48	
A44	15:48	13:00	14:00	15:00	16:00	0.2	
A1	17:04						

M. Rute 13 Hasil AG-FTW

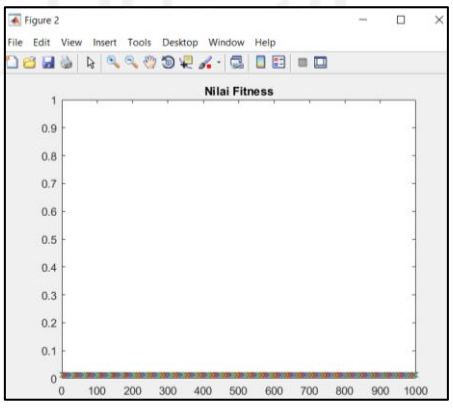
Tabel 4. 37 Kromosom awal (rute 13)

A1	A48	A43	A10	A32	A1
146					

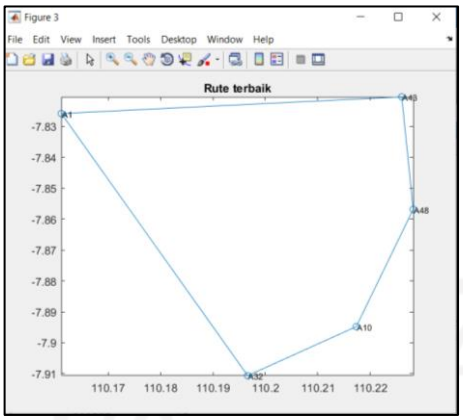
Tabel 4. 37 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



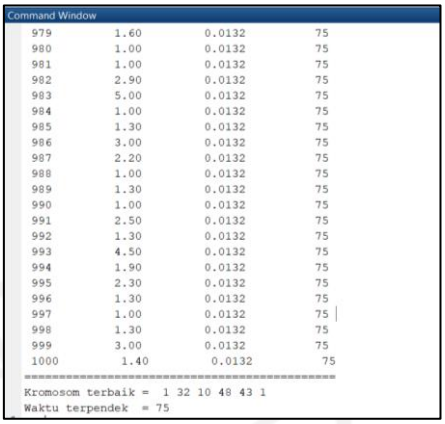
Gambar 4. 54 grafik nilai Obyektif rute 13



Gambar 4. 55 grafik nilai Fitness rute 13



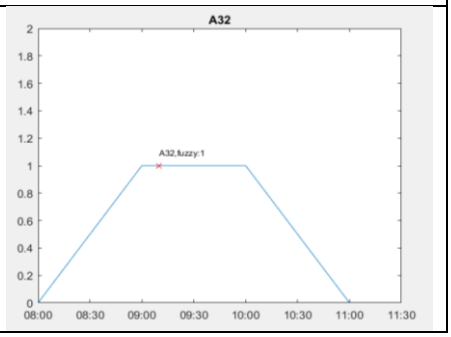
Gambar 4. 56 Rute 13

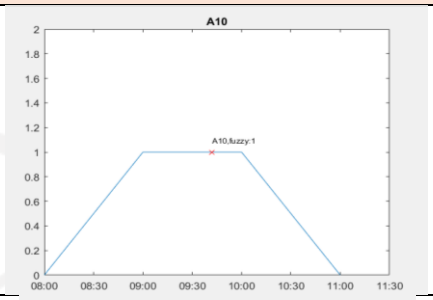
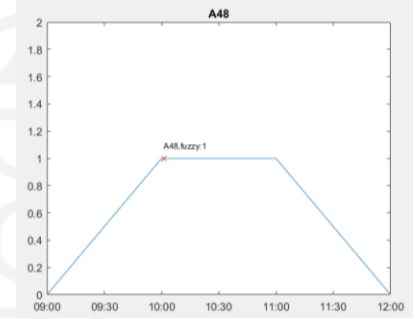
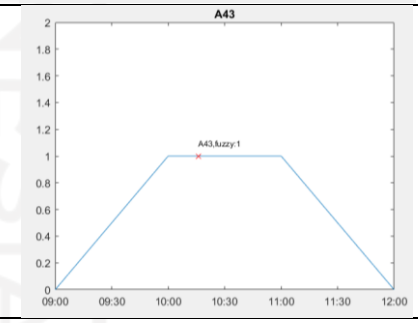


Gambar 4. 57 Hasil Output rute 13

Pada Gambar 4.56 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 9. Gambar 4.57 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.55 serbesar 0.0132 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A32-A10-A48-A43-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 75 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 125 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4. 38 Hasil nilai fuzzy rute 13

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	8:50						
A32	9:23	8:00	9:00	10:00	11:00	1	

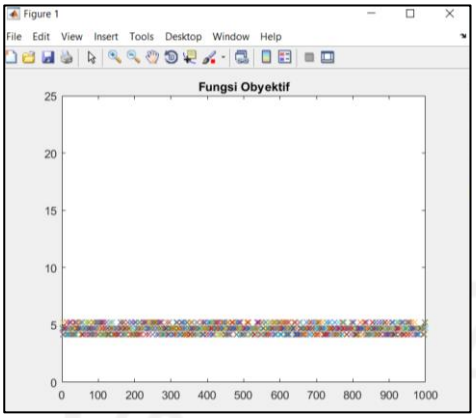
note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A10	9:41	8:00	9:00	10:00	11:00	1	
A48	10:03	9:00	10:00	11:00	12:00	1	
A43	10:22	9:00	10:00	11:00	12:00	1	
A1	10:55						

N. Rute 14 Hasil AG-FTW

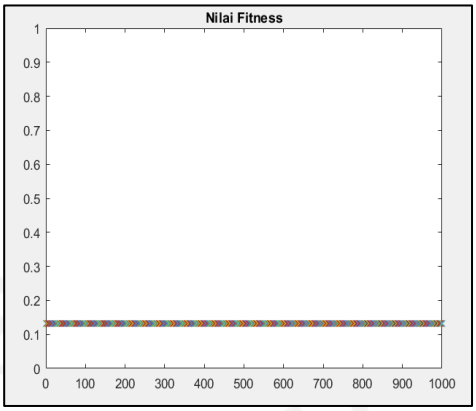
Tabel 4. 39 Kromosom awal (rute 14)

A1	A7	A26	A16	A1
150				

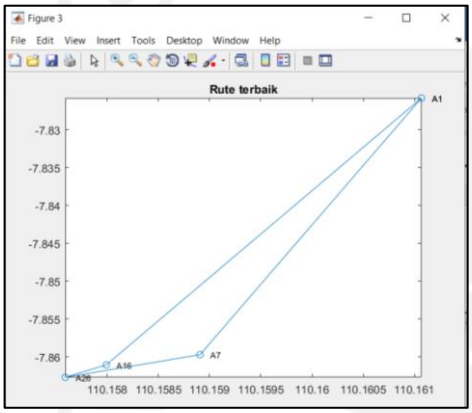
Tabel 4. 39 merupakan kromosom awal yang berasal dari metode *nerest neighbor*. Kemudian kromosom tersebut di olah dengan kode AG seperti dijelaskan pada 4.3.2.1.



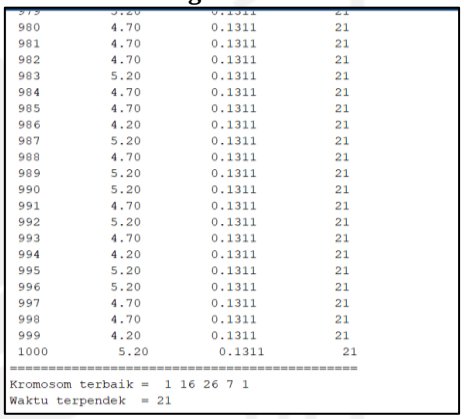
Gambar 4. 58 grafik nilai Obyektif rute 14



Gambar 4. 59 grafik nilai fitness rute 14



Gambar 4. 60 Rute 14 Gambar

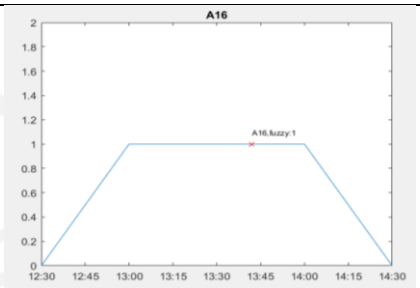
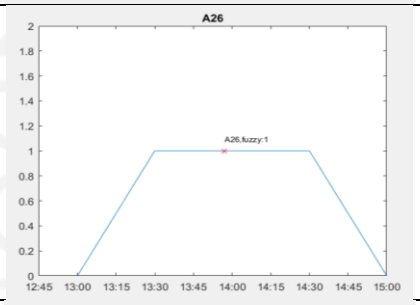
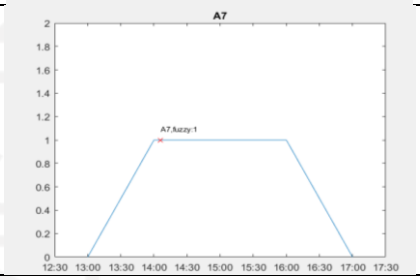


980	4.70	0.1311	21
981	4.70	0.1311	21
982	4.70	0.1311	21
983	5.20	0.1311	21
984	4.70	0.1311	21
985	4.70	0.1311	21
986	4.20	0.1311	21
987	5.20	0.1311	21
988	4.70	0.1311	21
989	5.20	0.1311	21
990	5.20	0.1311	21
991	4.70	0.1311	21
992	5.20	0.1311	21
993	4.70	0.1311	21
994	4.20	0.1311	21
995	5.20	0.1311	21
996	5.20	0.1311	21
997	4.70	0.1311	21
998	4.70	0.1311	21
999	4.20	0.1311	21
1000	5.20	0.1311	21

Kromosom terbaik = 1 16 26 7 1
Waktu terpendek = 21

4. 61 Hasil Output rute 14

Pada Gambar 4.58 merupakan gambar pembangkitan populasi, yang ditunjukan berdasarkan pencarian nila F objective pada kromosom 2. Gambar 4.59 menunjukan jumlah pembangkitan populasi yang dilakukan pada system AG sebanyak 1000 kali dengan nilai fitness dapat dilihat pada grafik 4.61 serbesar 0.1311 dan sudah tidak mengalami perubahaan yang menandakan nilai *fitness* tersebut telah optimum. Pada kromosom pertama ini berdasarkan pembangkitan populasi yang dapat dijadikan sebagai keputusan rute pertama ialah A1-A16-A26-A7-A1 dengan total waktu perjalan sebesar 21 menit total waktu tersebut apabila ditambah dengan waktu pelayanan masing-masing ritel menjadi 61 menit untuk rute kedua dengan nilai fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 4.36.

note	jam tiba	tolerance sebelum	Waktu Ideal dari	Waktu ideal hingga	tolerance sesudah	nilai fuzzy	Gambar Fuzzy
	x	a	b	c	d		
A1	13:20						
A16	13:41	12:30	13:00	14:00	14:30	1	
A26	13:53	13:00	13:30	14:30	15:00	1	
A7	14:05	13:00	14:00	16:00	17:00	1	
A1	14:21						

Berdasarkan dari perhitungan memaksimumkan Algoritma Genetika *with Fuzzy Time Windows* ini, maka didapatkan hasil rute sebagai berikut:

Tabel 4. 40 Hasil Algoritma Genetika *with Fuzzy Time Windows*

Kelompok Hari	Rute	Note yang terbentuk										Total Waktu
1	Rute 1	A1	A36	A23	A17	A6	A12	A11	A33	A37	A1	151
	Rute 2	A1	A40	A42	A25	A46	A39	A1				112
2	Rute 3	A1	A35	A1								90
	Rute 4	A1	A28	A4	A18	A19	A13	A20	A1			154
	Rute 5	A1	A47	A1								106

Kelompok Hari	Rute	Note yang terbentuk										Total Waktu
	Rute 6	A1	A15	A1								128
3	Rute 7	A1	A29	A21	A34	A38	A14	A1				133
	Rute 8	A1	A50	A1								90
4	Rute 9	A1	A24	A8	A22	A2	A1					147
	Rute 10	A1	A30	A27	A41	A45	A1					121
5	Rute 11	A1	A31	A3	A9	A1						124
	Rute 12	A1	A5	A49	A44	A1						234
6	Rute 13	A1	A32	A10	A48	A43	A1					125
	Rute 14	A1	A16	A26	A7	A1						61
	Total Waktu tempuh											1776

Rute perbaikan fuzzy time windows didapatkan total waktu distribusi sebesar 1776 menit selama 6 hari.

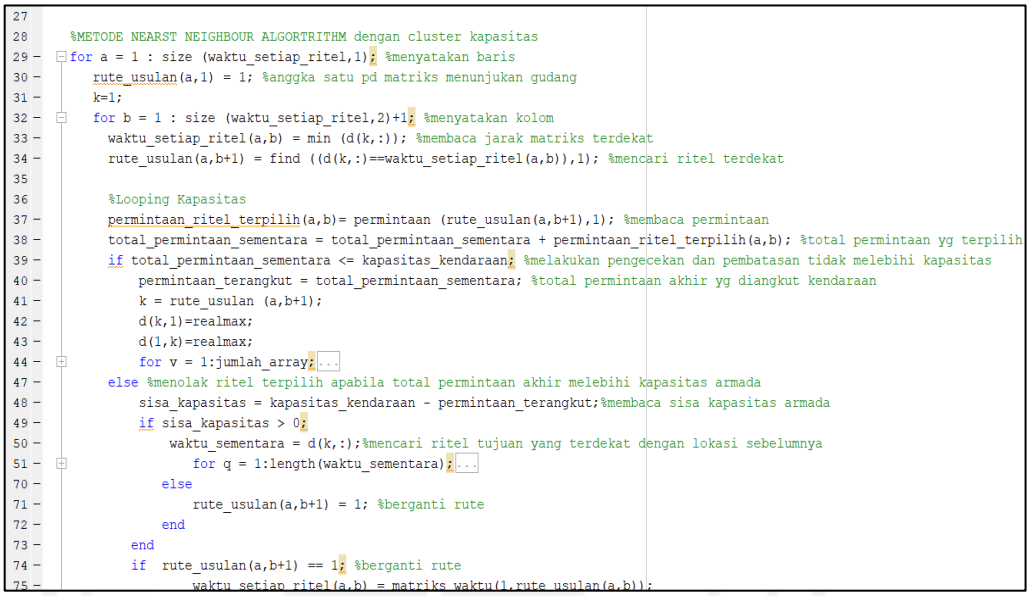
BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Algoritma Genetika

Rute Optimal penelitian ialah dengan menggunakan salah satu metode meta *heuristic* yaitu Algoritma Genetika. Permasalahan yang dapat diselesaikan dengan metode algoritma genetika ialah penentuan rute distribusi yang optimal. Hal tersebut sejalan untuk menyelesaikan penelitian di AMDK Airku yaitu penentuan rute distribusi yang optimal dengan hanya menggunakan satu kendaraan untuk pendistribusian produk Airku. Inputan data yang digunakan adalah matrix waktu tempuh depot, dan waktu antar ritel yang berdasarkan waktu *real* melalui *google maps*, kemudian data jam tutup dan buka toko / ritel, serta waktu tiba kendaraan yang diperbolehkan oleh masing-masing toko dan ritel.

Pengolahan Algoritma genetika dilakukan menggunakan aplikasi matlab R2016b, tahap pertama menentukan kromosom awal. Dimana algoritma pada tahap ini akan membaca jarak matriks terdekat dan mencari ritel terdekat berdasarkan kapsitas permintaan setiap toko/ ritel serta akan menolak ritel terpilih apabila total permintaan akhir melebihi kapasitas armada yang akan dilanjutkan pada toko/ritel selanjutnya. Sehingga output pada tahap ini ialah kromosom awal atau rute usulan awal berdasarkan kapasitas armada dan permintaan toko / ritel.



```
27
28      %METODE NEARST NEIGHBOUR ALGORTRITHM dengan cluster kapasitas
29 -    for a = 1 : size (waktu_setiap_ritel,1); %menyatakan baris
30 -       rute_usulan(a,1) = 1; %anggka satu pd matriks menunjukan gudang
31 -       k=1;
32 -       for b = 1 : size (waktu_setiap_ritel,2)+1; %menyatakan kolom
33 -         waktu_setiap_ritel(a,b) = min (d(k,:)); %membaca jarak matriks terdekat
34 -         rute_usulan(a,b+1) = find ((d(k,:)==waktu_setiap_ritel(a,b)),1); %mencari ritel terdekat
35
36          %Looping Kapasitas
37 -        permintaan_ritel_terpilih(a,b)= permintaan (rute_usulan(a,b+1),1); %membaca permintaan
38 -        total_permintaan_sementara = total_permintaan_sementara + permintaan_ritel_terpilih(a,b); %total permintaan yg terpilih
39 -        if total_permintaan_sementara <= kapasitas_kendaraan; %melakukan pengecekan dan pembatasan tidak melebihi kapasitas
40 -            permintaan_terangkut = total_permintaan_sementara; %total permintaan akhir yg diangkut kendaraan
41 -            k = rute_usulan (a,b+1);
42 -            d(k,1)=realmax;
43 -            d(1,k)=realmax;
44 -            for v = 1:jumlah_array;...
47 -        else %menolak ritel terpilih apabila total permintaan akhir melebihi kapasitas armada
48 -            sisa_kapasitas = kapasitas_kendaraan - permintaan_terangkut;%membaca sisa kapasitas armada
49 -            if sisa_kapasitas > 0;
50 -                waktu_sementara = d(k,:);%mencari ritel tujuan yang terdekat dengan lokasi sebelumnya
51 -                    for q = 1:length(waktu_sementara);...
70 -                else
71 -                    rute_usulan(a,b+1) = 1; %berganti rute
72 -                end
73 -            end
74 -            if  rute_usulan(a,b+1) == 1; %berganti rute
75 -                waktu_setiap_ritel(a,b) = matriks_waktu(1,rute_usulan(a,b));
```

Gambar 5. 62 kode *nearest neighbor*

Berikut hasil kromosom awal untuk memenuhi semua permintaaan pelanggan menggunakan metode *nearest neighbor* pada tabel 5.1 Berdasarkan *nearst neighbor* untuk memenuhi semua permintaaan toko / ritel dengan hasil yang dipereoleh waktu tempuh distribusi ialah 1786 menit.

Tabel 5. 1 Hasil Rute sebagai populasi awal

	Rute sebagai populasi awal										Total Permintaan (dus)
Rute 1	A1	A36	A12	A6	A23	A17	A37	A33	A11	A1	150
Rute 2	A1	A7	A26	A16	A1						150
Rute 3	A1	A39	A46	A25	A40	A42	A1				150
Rute 4	A1	A28	A4	A18	A19	A13	A20	A1			150
Rute 5	A1	A38	A34	A29	A21	A14	A1				150
Rute 6	A1	A24	A2	A22	A8	A1					142
Rute 7	A1	A30	A45	A41	A27	A1					143
Rute 8	A1	A31	A3	A9	A1						150
Rute 9	A1	A48	A43	A10	A32	A1					146
Rute 10	A1	A5	A49	A44	A1						130
Rute 11	A1	A35	A1								150
Rute 12	A1	A50	A1								150
Rute 13	A1	A47	A1								75
Rute 14	A1	A15	A1								80
	Total Permintaan (dus)										1916

5.2 Algoritma Genetika *with Fuzzy Time Windows*

Tahap Algoritma Genetika with *Fuzzy Time Windows,* melakukan evaluasi kromosom dengan nilai fungsi tujuan tiap kromosom awal yang dibangkitkan dengan tahap seleksi yaitu mencari rute terpendek dengan nilai fitness yang lebih kecil yang dibangkitkan secara acak yang dibaca sistem RAND. Bilangan acak yang dihasilkan ialah proses seleksi.

```
%%====INIT PARENT====%%

for u = 1:n_krom
    for i = 1:n_gen
        data(u).parrent(i).rute = myrute(i);
        data(u).parrent(i).rand = rand(1);
    end
    data(u).parrent(1).rand = 1;
    data(u).parrent(n_gen).rand = 0;

    [~,index] = sortrows([data(u).parrent.rand].');
    data(u).parrent = data(u).parrent(index(end:-1:1));
    clear index
end

for u = 1:n_krom
    child(u).waktu = 0;
    for i = 1:n_gen
        child(u).kromosom(i)    = data(u).parrent(i).rute;
        if i ~= n_gen
            child(u).waktu  = child(u).waktu + waktu(data(u).parrent(i).rute,data(u).parrent(i+1).rute);
        end
        child(u).fitness  = 1/(1+child(u).waktu);
    end
end
%====END PARENT====%%

fprintf('============================================\n')
fprintf('Epoch || Fobjektif || Nilai Fitness || Waktu \n')
fprintf('============================================\n')
```

Gambar 5. 63 Kode Proses Pencarian *Parent* / kromosom induk untuk menampilkan perulangan nilai *Fitness*

```
for u = 1:n_krom
    child(u).waktu        = 0;
    child(u).route_time   = zeros(1, size(rute,2));
    child(u).route_fuzz   = zeros(1, size(rute,2));
    for i=1:n_gen
        if i ~= n_gen
            child(u).waktu  = child(u).waktu + waktu(child(u).kromosom(i),child(u).kromosom(i+1)) + 10;
            child(u).route_time(i + 1) = child(u).waktu;

            if i ~= 1
                t0 = child(u).route_time(i);
                t1 = fuzzy(rute(i),1);
                t2 = fuzzy(rute(i),2);
                t3 = fuzzy(rute(i),3);
                t4 = fuzzy(rute(i),4);

                if t0 < t1
                    child(u).route_fuzz(i) = 0;
                elseif t0 > t1 && t0 < t2
                    child(u).route_fuzz(i) = (t0 - t1)/(t2 - t1);
                elseif t0 > t2 && t0 < t3
                    child(u).route_fuzz(i) = 1;
                elseif t0 > t3 && t0 < t4
                    child(u).route_fuzz(i) = (t3 - t0)/(t3 - t4);
                elseif t0 > t4
                    child(u).route_fuzz(i) = 0;
                end
```

Gambar 5. 1 proses pencarian nilai Fuzzy maksimum

```
child(u).fitness_route = 1/(1+child(u).waktu);
child(u).fitness  = 0.5*child(u).fitness_route + 0.5*fitness_fuzzy;

for p = 2:(n_gen - 1)
    if child(u).route_fuzz(p) == 0
        child(u).fitness = 0;
    end
```

Gambar 5. 64 kode proses pencarian nilai fitness

Pencarian nilai fitness terbaik dari waktu terpendek dengan nilai fuzzy maksimum. Setelah proses pencarian nilai fitnes pada program kemudian terdapat tahap perulangan untuk menentukan hasil optimum dengan tahap evolusi sebanyak 1000 kali hasil optimum generasi yang dimana akan berhenti saat hasil optimum dari tahapan-tahapan metode algoritma genetika.

```
%================= crossover ===================
child(9).kromosom   = child(2).kromosom;
child(10).kromosom = child(1).kromosom;
for p = 1:round(n_gen/2)
    child(9).kromosom(end) = [];
    child(10).kromosom(end) = [];
end
for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
    cr1(p) = child(2).kromosom(n_gen - p);
    cr2(p) = child(1).kromosom(n_gen - p);
end
for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
    child(9).kromosom(end + 1)  = cr1(p);
    child(10).kromosom(end + 1) = cr2(p);
end
child(9).kromosom(end + 1)  = 1;
child(10).kromosom(end + 1) = 1;
```

Gambar 5. 65 kode mencari nilai induk *proses crossover*

Proses *crossover* tahapan selanjutnya untuk membaca pertukaran antar kromosom yang yang akan di pilih sebagai tahap *crossover* yang mengasilkan waktu terpendek dari metode genetika algoritma. Pertukaran dari kromosom atau solusi awal dilakukan sebanyak 1000 kali pertukaran antar kromosom pada masing-masing rute.

```
%================= mutation ====================
    rv1 = rand(1);
    rv2 = rand(1);
    ra = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rb = ra + randi(round((n_gen-3)/2));
    rc = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rd = rc + randi(round((n_gen-3)/2));
    re = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
    rf = re + randi(round((n_gen-3)/2));

    off1 = zeros(n_gen,1);
    off2 = zeros(n_gen,1);

    for i = 1:n_gen
        off1(i) = child(9).kromosom(i);
        off2(i) = child(10).kromosom(i);
    end

    if rv1 >= 0 && rv1 <= 0.2
        child(9).kromosom(ra)   = off1(rb);
        child(9).kromosom(rb)   = off1(ra);
    elseif rv1 >= 0.2 && rv1 <= 0.4
        child(9).kromosom(ra)   = off1(rb);
        child(9).kromosom(rb)   = off1(ra);
        for i = 1:n_gen
            off1(i) = child(9).kromosom(i);
        end

dan seterusnya
```

Gambar 4. 66 kode proses mutasi

Setelah melakukan proses *crossover* dilanjutkan dengan proses mutasi sehingga algoritma melakukan evaluasi nilai *fitness* kembali yang menghasilkan rute terpendek perulangan akan terjadi pada tahap ini hingga menemukan kromosom induk terbaik. Pada tahap ini hasil rute terpendek menandakan pemberhentian kritria berdasarkan algoritma genetika yang menjadi rute usulan sebagai berikut.

Hasil Penelitian ini mempertimbangkan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) dengan memperluas model VRP biasa untuk memasukan waktu perjalanan fuzzy trapezium. Pada penelitian ini dalam perusahaan memiliki 49 ritel dengan satu depot pengiriman dan satu kendaraan untuk distribusi AMDK Air Ku dengan mendapatkan solusi 14 rute dengan 6 hari penyelesaian dalam waktu 1776 Penelitian ini mempertimbangkan ketidakpastian dalam suatu waktu tempuh yang di modelkan dalam bilang fuzzy trapezium. Dengan hasil sebagai tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Hasil Rute Algoritma Genetika *with Fuzzy Time Windows*

Kelompok Hari	Rute	Note yang terbentuk										Total Waktu
1	Rute 1	A1	A36	A23	A17	A6	A12	A11	A33	A37	A1	151

Kelompok Hari	Rute	Note yang terbentuk										Total Waktu
	Rute 2	A1	A40	A42	A25	A46	A39	A1				112
2	Rute 3	A1	A35	A1								90
	Rute 4	A1	A28	A4	A18	A19	A13	A20	A1			154
	Rute 5	A1	A47	A1								106
	Rute 6	A1	A15	A1								128
3	Rute 7	A1	A29	A21	A34	A38	A14	A1				133
	Rute 8	A1	A50	A1								90
4	Rute 9	A1	A24	A8	A22	A2	A1					147
	Rute 10	A1	A30	A27	A41	A45	A1					121
5	Rute 11	A1	A31	A3	A9	A1						124
	Rute 12	A1	A5	A49	A44	A1						234
6	Rute 13	A1	A32	A10	A48	A43	A1					125
	Rute 14	A1	A16	A26	A7	A1						61
	Total Waktu tempuh											1776

Perbaikan rute perusahaan diperoleh waktu distribusi sebesar 1776 menit atau setara dengan 29.6 jam dengan total tingkat ketepatan waktu sebesar 89.3%. Hal tersebut menunjukan solusi menggunakan suatu metode yang tepat dapa menghemat waktu tempuh dan memaksimalkan tingkat ketepatan kedatangan armada pada ritel. Maka pengkodean dapat digunakan oleh perusahaan untuk menentukan rute perusahaan.

5.3 Perbandingan Waktu Rute Awal Perusahaan dengan Pengolahaan Algoritma Genetika with *Fuzzy Time Windows*

Tabel 5. 3 perbandingan waktu tempuh

Perbandingan	Rute Awal Perusahaan	Rute Perbaikan AG with *Fuzzy Time Windows*
Total waktu	2088	1776
Persentase penghematan		14.94%

Tabel 5.3 diatas sebagai tabel perbandingan antara metode genetika algoritma, dan pemaksimalan *fuzzy time widows* dengan rute perusahaan. Untuk hasil rute terpendek diahasilkan sebesar 1776 menit atau 15% dari rute awal perusahaan. VRPTW dengan waktu tempuh *fuzzy* dianggap dapat

menangkap skenario kehidupan nyata. Tujuan penelitian ini adalah membangun rute yang efisien dan andal untuk masalah tersebut. Penelitian ini mengusulkan model kendala peluang untuk masalah menggunakan teori *fuzzy* dimana waktu tempuh *fuzzy* direpresentasikan sebagai bilangan *fuzzy trapesium*.

Tabel 5. 4 perbandingan total fuzzy metode GA dan pemaksimalan FTW

Perbandingan	Rute Awal Perusahaan	Rute Perbaikan AG with *Fuzzy Time Windows*
Jumlah Fuzzy	30.28	43.79
Persentase	61%	89.3%

Tabel 5.4 diatas sebagai tabel perbandingan antara total nilai *fuzzy* metode genetika algoritma,. Untuk hasil ketepatan waktu atau hasil fuzzy dari AG rute terpendek diahasilkan sebesar 89.3%.

Pada metode algoritma genetika VRPTW dan Fuzzy-TW memberikan usulan yang bekerja dengan baik disetiap struktur penyelesaian penentuan rute dan memberikan hasil yang lebih baik pada rute awal perusahaan dan hasil yang sebanding dengan pendekatan. Metode algoritma genetika VRP-TW yang memberikan hasil yang dapat mengoptimumkan rute sedangkan penyelesaian *Fuzzy Time Windows* memberikan hasil nilai *fuzzy* yang paling optimum dan waktu yang lebih hemat dari rute perusahaan. Pada rute usulan pendistribusian produk air ku, diharapkan dapat digunakan oleh perusahaan AMDK untuk meningkatkan ketepatan waktu ke toko/ritel. Penelitian ini dapat mengoptimalkan waktu tempuh yang dimana waktu tempuh, sehingga hasilnya dapat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar yang digunakan.

BAB IV

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan, yaitu dalam pengembangan model Algoritma genetika dengan memperhatikan *Fuzzy time windows* untuk optimasi rute distribusi. Model matematis terdiri dari fungsi tujuan pada formula (4.1) dan (4.3) dengan total jarak yang dapat dihitung dengan formula (4.2). Model matematis kendala pada formula (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), (4.8), (4.9), (4.10), (4.11), (4.12), (4.13), (4.14), (4.15), (4.16), (4.17). Usulan rute VRP-TW distribusi yang optimal metode Algoritma genetika dengan pendekatan *Fuzzy Time Windows* ialah selama 6 dan diperoleh waktu rute terpendek distribusi sebesar 1772 menit. Hal tersebut menunjukan penghematan waktu sebesar 15% dari rute awal perusahaan dan pemaksimuman tingkat ketepatan yang diahasilkan mencapai 89.3% mampu memberikan nilai optimal untuk meminimum waktu dan pemaksimalan nilai *fuzzy time windows*.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini untuk penelitian dimasa deoan agar didapatkan hasil penelitian yang lebih baik ialah sebagai berikut;

1. Penelitian lebih lanjut dapat melakukan validasi model dengan melakukan objek penelitian dengan data yang dinamis seperti kendala untuk selalu memperhatikan *repply* produk pada toko, memperhatikan kendala VRP lainnya

seperti *Pick up and Delivery* VRP, dan pengolahaan data yang dapat dilakukan dengan software lainya.

2. Ditambahkan variable biaya dan perhitungan biaya distribusi pada kasus ini.

Daftar Pustaka

Abdurrahman, Ahmad Fauzan, Ari Yanuar Ridwan, and Budi Santosa. 2019. "Penyelesain Vehicle Routing Problem (VRP) Dalam Penugasan Kendaraan Dan Penentuan Rute Untuk Meminimasi Biaya Transportasi Pada PT. XYZ Dengan Menggunakan Algoritma Genetika." *Jurnal Teknik Industri* 9(1):16–24.

Affi, Mannoubia, Houda Derbel, and Bassem Jarboui. 2018. "Variable Neighborhood Search Algorithm for the Green Vehicle Routing Problem." *International Journal of Industrial Engineering Computations* 9(2):195–204. doi: 10.5267/j.ijiec.2017.6.004.

Agustina, D., and Piplani, R. (2016). Scheduling And Routing Problem At A Cross-Dock Warehouse: Application Of Tabu Search. *Journal Forty Annual Meeting Western Decision Sciences Institute* (WDSI).

Akbar, Mohammad Deni, and Rio Aurachmana. 2020. "Hybrid Genetic–Tabu Search Algorithm to Optimize the Route for Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window." *International Journal of Industrial Optimization* 1(1):15. doi: 10.12928/ijio.v1i1.1421.

Ardliana, T., I. N. Pujawan, and N. Siswanto. 2020. "The Effects of Carbon Tax on Inventory and Land Multimodal Integration." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 830(4). doi: 10.1088/1757-899X/830/4/042008.

Brito, J., Campos .C, F.J., Martinez . F.J.B., Moreno, J.A., Moreno. J. .. 2009. "Vehicle Routing Problem with Fuzzy Time Windows." *Fuzzy Sets and Systems* 160(5):683–95. doi: 10.1016/j.fss.2008.09.016.

Brito, J., J. A. Moreno, and J. L. Verdegay. 2012. "Transport Route Planning Models Based on Fuzzy Approach." *Iranian Journal of Fuzzy Systems* 9(1):141–58. doi: 10.22111/ijfs.2012.231.

Chavez, J J.S., Escobar, J.W, and Echeveri, M.G. (2016). A multi-objective Pareto ant colony algorithm for the Multi-Depot Vehicle Routing problem with Backhauls. *International Journal of Industrial Computations,* Vol. 7, pp. 35-48.

Cao, Erbao, and Mingyong Lai. 2010. "The Open Vehicle Routing Problem with Fuzzy Demands." *Expert Systems with Applications* 37(3):2405–11. doi: 10.1016/j.eswa.2009.07.021.

Demir, Emrah, Tolga Bektaş, and Gilbert Laporte. 2014. "A Review of Recent

Research on Green Road Freight Transportation." *European Journal of Operational Research* 237(3):775–93. doi: 10.1016/j.ejor.2013.12.033.

Garside, Annisa Kesy, and Dian Nur Cahyanti. 2018. "Penyelesaian Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick Up and Delivery Dengan Algoritma Tabu Search." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 17(2):125. doi: 10.23917/jiti.v17i2.6703.

Gupta, Radha, Bijendra Singh, and Dhaneshwar Pandey. 2010. "Multi-Objective Fuzzy Vehicle Routing Problem: A Case Study." *Int. J. Contemp. Math. Sciences* 5(29):1439–54.

Haerani, Elin, Luh Kesuma Wardhani, Dian Kumala Putri, and Husni Teja Sukmana. 2017. "Optimization of Multiple Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP) on Perishable Product Distribution by Using Genetic Algorithm and Fuzzy Logic Controller (FLC)." *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2017*. doi: 10.1109/CITSM.2017.8089314.

Irie, H., Wongpaisarnsi, G., Terabe, M., Terave., Miki.A., and Taguchi, S. (2019). Quantum Annealing of Vehicle Routing Problem with Time, State and Capacity. *Quantum Technology and Optimization Problems* (QTOP): Vol. 11413.doi: 10.1007/978-3-030-14082-3.

Kuo, R. J., and Dwiyanti Yekti Nugroho. 2017. "A Fuzzy Multi-Objective Vehicle Routing Problem for Perishable Products Using Gradient Evolution Algorithm." *2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2017* 219–23. doi: 10.1109/IEA.2017.7939210.

Li, Zhenping, and Zhiguo Wu. 2016. "Study on the Inventory Routing Problem of Refined Oil Distribution Based on Working Time Equilibrium." *American Journal of Operations Research* 06(01):17–24. doi: 10.4236/ajor.2016.61003.

Lin, Canhong, K. L. Choy, G. T. S. Ho, S. H. Chung, and H. Y. Lam. 2014. "Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and Future Trends." *Expert Systems with Applications* 41(4 PART 1):1118–38. doi: 10.1016/j.eswa.2013.07.107.

Mazzuco, D. E., A. M. Carreirão Danielli, D. L. Oliveira, P. P. P. Santos, M. M. Pereira, L. C. Coelho, and E. M. Frazzon. 2018. "A Concept for Simulation-Based Optimization in Vehicle Routing Problems." *IFAC-PapersOnLine* 51(11):1720–25. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.208.

Meliani, Y., Hani, Y., Elhaq, S.L.,and Mhamed, A.E. (2019). A Developed Tabu Search Algorithm for Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. *Journal International Federation of Automatic Control* (IFAC), Vol. 52, pp. 1051-1056.

Navazi, Fatemeh, Reza Tavakkoli-Moghaddam, Zeinab Sazvar, and Pedram Memari. 2019. "Sustainable Design for a Bi-Level Transportation-Location-Vehicle Routing Scheduling Problem in a Perishable Product Supply Chain." *Studies in Computational Intelligence* 803(June 2018):308–21. doi: 10.1007/978-3-030-03003-2_24.

Novianda., F.R. Martini, R and Aurahman., R.(2017). Penentuan Rute Armada Menggunakan Algoritma Tabu Search pada Homogenus Fleet Vehicle Routing Problem With Time Windows di PT.XYZ Wilayah Bandung untuk meminimasi Total Waktu Tempuh. *E-Proceeding of Engineering.*Vol.4,pp.2892.

Oktarina, S., Herni, F.M., and Fitria, L. (2016). Usulan Rute Distribusi Kopi Arabiaka Premium Menggunakan Tabu Search di PT.X. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. ISSN :2338-5081.Vol.4.pp.149-159.

Padilla, María Paula Buelvas, Paula Andrea Nisperuza Canabal, Jorge Mario López Pereira, and Helman Enrique Hernández Riaño. 2018. "Vehicle Routing Problem for the Minimization of Perishable Food Damage Considering Road Conditions." *Logistics Research* 11(1). doi: 10.23773/2018_2.

P.P.P., Pereira, M.M., and Coelho, L.C.(2018).A Concep for Simulation-Base Optimization in Vehicle Routing Problems. *Journal International Federation of Automatic Control* (IFAC), pp 1720-1725.

Pratama,R.Y., and Mahmudy, F.M. (2017).Optimization of Vehicle Routing Problem With Time Window (VRPTW) for Food Product Distribution Using Genetics Algorithm. *Journal Information Technology and Computer Scince* (JITes): Vol. 2 (2), pp.77-84.

Sicilia, Juan Antonio, Carlos Quemada, Beatriz Royo, and David Escuín. 2016. "An Optimization Algorithm for Solving the Rich Vehicle Routing Problem Based on Variable Neighborhood Search and Tabu Search Metaheuristics." *Journal of Computational and Applied Mathematics* 291:468–77. doi: 10.1016/j.cam.2015.03.050.

SUMADI, I. PUTU ARYA YOGA, I. PUTU EKA NILA KENCANA, and LUH PUTU IDA HARINI. 2018. "Menyelesaikan Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Fuzzy Evolusi." *E-Jurnal Matematika* 7(3):252. doi: 10.24843/mtk.2018.v07.i03.p211.

Toth, P., and Vigo, D. (2020). Models Relaxations and Exact Approach For The Capacitated Vehicle Routing Problem. Elsavier.Discrete Applied Mathematis 123.pp. 187-510

Tseng, Y., and Wen Long Yue. (2005). The Role Of Transportation in Logistics Chain. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*: Vol. 5, pp. 1657 – 1672.

Tirkolaee, Erfan Babaee, Alireza Goli, Mani Bakhsi, and Iraj Mahdavi. 2017. "A Robust Multi-Trip Vehicle Routing Problem of Perishable Products with Intermediate Depots and Time Windows." *Numerical Algebra, Control and Optimization* 7(4):417–33. doi: 10.3934/naco.2017026.

V, Katiyar. 2014. "Integrating Fuzzy and Ant Colony System ForFuzzy Vehicle Routing Problem with Time Windows." *International Journal on Computational Science & Applications* 4(5):73–85. doi: 10.5121/ijcsa.2014.4506.

Zhang, Jiashan. 2021. "An Improved Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem." *Advances in Intelligent Systems and Computing* 1282(1):163–69. doi: 10.1007/978-3-030-62743-0_23.

Zheng, Yongshuang, and Baoding Liu. 2006. "Fuzzy Vehicle Routing Model with Credibility Measure and Its Hybrid Intelligent Algorithm." *Applied Mathematics and Computation* 176(2):673–83. doi: 10.1016/j.amc.2005.10.013.

Zulvia, Ferani E., R. J. Kuo, and Dwiyanti Y. Nugroho. 2020. "A Many-Objective Gradient Evolution Algorithm for Solving a Green Vehicle Routing Problem with Time Windows and Time Dependency for Perishable Products." *Journal of Cleaner Production* 242:118428. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118428.

LAMPIRAN

A. Pengkodean VRPTW distribusi yang optimal metode Algoritma Genetika with Fuzzy Time windows

```
clear;
clc;

rute  = [ ];


% membaca data dari file excel dan di import ke dalam pemodelan
[~, geo.toko]   = xlsread('data.xlsx',1,'B4:B53');
[~, geo.notasi] = xlsread('data.xlsx',1,'C4:C53');
geo.x           = xlsread('data.xlsx',1,'E4:E53');
geo.y           = xlsread('data.xlsx',1,'F4:F53');
geo.kebutuhan   = xlsread('data.xlsx',1,'G4:G53');
waktu           = xlsread('data.xlsx',2,'C4:AZ53');
year = repmat(2022,1,4);
month = repmat(2,1,4);
day = repmat(13,1,4);
minutes = zeros(1,4);


waktu_hari = [1,2,3,4,5,6 ;]

hourTemplate = [ 8    9    10    11; %A2  %time windows
                 8    9    11    12; %A3
                 8    9    10    11; %A4
                 13   14   15    16; %A5
                 8    8.5  9.5   10; %A6
                 13   14   16    17; %A7
                 8    9    10    11; %A8
                 8    9    10    11; %A9
                 8    9    10    11; %A10
                 9    9.5  11.5  12 ; %A11
                 8.5  9.5  10.5 11.5; %A12
                 8    9    10    11; %A13
                 9    9.5  10.5   11; %A14
                 13   14    16   17; %A15
                 12.5   13    14    14.5; %A16
                 7    8    11    12; %A17
                 9    10   11    12; %A18
                 8    9    10    11; %A19
                 9    10   11    12; %A20
                 8    9    10    11; %A21
                 7    8    10    11; %A22
                 7    8    10    11; %A23
                 7    8    9     10; %A24
                 13   14.5  15   16.5;%A25
                 13   13.5  14.5  15; %A26
                 13   14    15   16; %A27
                 8    9    11    12; %A28
                 8    9    10    11; %A29
                 13   14   15    16; %A30
                 8    9    10    11; %A31
                 8    9    10    11; %A32
                 8    9    10    11; %A33
                 9    10   11    12; %A34
                 7    8    9     10; %A35
```

```
                7    8    9    11; %A36
                8    9    11   12; %A37
                9    10   11   12; %A38
                13   13.5 14.5 15; %A39
                13   14   15   16; %A40
                13   14   15   16; %A41
                13   14   15   16; %A42
                9    10   11   12; %A43
                13   14   15   16; %A44
                13   14   15   16; %A45
                14   14.5 15.5 16; %A46
                13   14   15   16; %A47
                9    10   11   12; %A48
                14   15   16   17; %A49
                13   14   15   16; %A50
                ];

valTemplate = [0 1 1 0]; %representasi trapesium

fuzzy           = xlsread('data.xlsx',3,'L4:O53');

for a = 1: size(waktu,1) %baris
    for b = 1:size(waktu,2) %kolom
        if waktu(a,b) == 0
            waktu(a,b) = 100;
        end
    end
end

%restruktur data
toko = struct('id', zeros(size(geo.toko,1),1));
for i = 1: size(geo.toko , 1)
    toko(i).id              = i;
    toko(i).nama            = geo.toko(i);
    toko(i).notasi          = geo.notasi(i);
    toko(i).x               = geo.x(i);
    toko(i).y               = geo.y(i);
    for a = 1:size(geo.toko,1)
        toko(i).waktu(a)    = waktu(i,a);
    end
    toko(i).kebutuhan       = geo.kebutuhan(i);
    toko(i).status          = 'y';
end
clear geo

rute        = input('rute: ');
max_iter    = input('iterasi maksimal: ');

n_rute      = size(rute,1);
n_krom      = 10;               % jumlah kromosom yang akan dibentuk pada
model
n_gen       = size(rute,2);     % jumlah gen yang terbentuk (gen adalah
banyaknya toko pada suatu kromosom)
mut_rate    = 0.5;

%%==========INIT PARRENT==========%%

for u = 1:n_krom
    for i = 1:n_gen
        data(u).parrent(i).rute = rute(i);
        data(u).parrent(i).rand = rand(1);
    end
```

```
    data(u).parrent(1).rand = 1;                % random number sebagai
label gen
    data(u).parrent(n_gen).rand = 0;

    [~,index]       = sortrows([data(u).parrent.rand].');
    data(u).parrent = data(u).parrent(index(end:-1:1));
    clear index
end

child = struct('waktu', zeros(1,1));
for u = 1:n_krom
    child(u).waktu = 0;
    for i = 1:n_gen
        child(u).kromosom(i)   = data(u).parrent(i).rute;
        if i ~= n_gen
            child(u).waktu  = child(u).waktu +
waktu(data(u).parrent(i).rute,data(u).parrent(i+1).rute);
        end
        child(u).fitness  = 1/(1+child(u).waktu);
    end
end

%====END PARENT====%%

if size(rute,2) >= 5

    fprintf('============================================\n')
    fprintf('Epoch || Fobjektif || Nilai Fitness || Waktu \n')
    fprintf('============================================\n')

    iter = 0;
    for iter = 1:max_iter

        [~,index] = sortrows([child.fitness].');
        child = child(index(end:-1:1));
        clear index

        %============================================
        %================ crossover =================
        child(9).kromosom  = child(2).kromosom;
        child(10).kromosom = child(1).kromosom;

        for p = 1:round(n_gen/2)
            child(9).kromosom(end) = [];
            child(10).kromosom(end) = [];
        end

        cr1 = zeros(round(n_gen/2) - 1,1);
        cr2 = zeros(round(n_gen/2) - 1,1);
        for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
            cr1(p) = child(2).kromosom(n_gen - p);
            cr2(p) = child(1).kromosom(n_gen - p);
        end

        for p = 1:(round(n_gen/2) - 1)
            child(9).kromosom(end + 1)  = cr1(p);
            child(10).kromosom(end + 1) = cr2(p);
        end

        child(9).kromosom(end + 1)  = 1;
        child(10).kromosom(end + 1) = 1;

        %============================================
```

```
%================ mutation ===================
rv1 = rand(1);
rv2 = rand(1);
ra = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
rb = ra + randi(round((n_gen-3)/2));
rc = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
rd = rc + randi(round((n_gen-3)/2));
re = randi(round((n_gen-3)/2)) + 1;
rf = re + randi(round((n_gen-3)/2));

off1 = zeros(n_gen,1);
off2 = zeros(n_gen,1);

for i = 1:n_gen
    off1(i) = child(9).kromosom(i);
    off2(i) = child(10).kromosom(i);
end

if rv1 >= 0 && rv1 <= 0.2
    child(9).kromosom(ra)  = off1(rb);
    child(9).kromosom(rb)  = off1(ra);
elseif rv1 >= 0.2 && rv1 <= 0.4
    child(9).kromosom(ra)  = off1(rb);
    child(9).kromosom(rb)  = off1(ra);
    for i = 1:n_gen
        off1(i) = child(9).kromosom(i);
    end
    child(9).kromosom(rc)  = off1(rd);
    child(9).kromosom(rd)  = off1(rc);
elseif rv1 >= 0.4 && rv1 <= 0.6
    child(9).kromosom(ra)  = off1(rb);
    child(9).kromosom(rb)  = off1(ra);
    for i = 1:n_gen
        off1(i) = child(9).kromosom(i);
    end
    child(9).kromosom(rc)  = off1(rd);
    child(9).kromosom(rd)  = off1(rc);
    for i = 1:n_gen
        off1(i) = child(9).kromosom(i);
    end
    child(9).kromosom(re)  = off1(rf);
    child(9).kromosom(rf)  = off1(re);
end

if rv2 >= 0 && rv2 <= 0.2
    child(10).kromosom(ra)  = off2(rb);
    child(10).kromosom(rb)  = off2(ra);
elseif rv2 >= 0.2 && rv2 <= 0.4
    child(10).kromosom(ra)  = off2(rb);
    child(10).kromosom(rb)  = off2(ra);
    for i = 1:n_gen
        off2(i) = child(10).kromosom(i);
    end
    child(10).kromosom(rc)  = off2(rd);
    child(10).kromosom(rd)  = off2(rc);
elseif rv2 >= 0.4 && rv2 <= 0.6
    child(10).kromosom(ra)  = off2(rb);
    child(10).kromosom(rb)  = off2(ra);
    for i = 1:n_gen
        off2(i) = child(10).kromosom(i);
    end
    child(10).kromosom(rc)  = off2(rd);
    child(10).kromosom(rd)  = off2(rc);
```

```
            for i = 1:n_gen
                off2(i) = child(10).kromosom(i);
            end
            child(10).kromosom(re)  = off2(rf);
            child(10).kromosom(rf)  = off2(re);
        end

        %=========================================
        %=========================================
        %======= objective function measurement=======

        rava = randi(10,[10,1]);

        for u = 1:n_krom
            child(u).waktu        = 0;
            child(u).route_time   = zeros(1, size(rute,2));
            child(u).route_fuzz   = zeros(1, size(rute,2));
            for i=1:n_gen
                if i ~= n_gen
                    child(u).waktu  = child(u).waktu +
waktu(child(u).kromosom(i),child(u).kromosom(i+1));
                    child(u).route_time(i + 1) = child(u).waktu;

                    if i ~= 1
                        t0 = child(u).route_time(i);
                        t1 = fuzzy(rute(i),1);
                        t2 = fuzzy(rute(i),2);
                        t3 = fuzzy(rute(i),3);
                        t4 = fuzzy(rute(i),4);

                        if t0 < t1
                            child(u).route_fuzz(i) = 0;
                        elseif t0 > t1 && t0 < t2
                            child(u).route_fuzz(i) = (t0 - t1)/(t2 - t1);
                        elseif t0 > t2 && t0 < t3
                            child(u).route_fuzz(i) = 1;
                        elseif t0 > t3 && t0 < t4
                            child(u).route_fuzz(i) = (t3 - t0)/(t3 - t4);
                        elseif t0 > t4
                            child(u).route_fuzz(i) = 0;
                        end
                    end
                end

                fitness_fuzzy = sum(child(1).route_fuzz/(n_gen - 2));


                child(u).fitness_route = 1/(1+child(u).waktu);
                child(u).fitness  = 0.5*child(u).fitness_route +
0.5*fitness_fuzzy;

                for p = 2:(n_gen - 1)
                    if child(u).route_fuzz(p) == 0
                        child(u).fitness = 0;
                    end
                end
            end
        end

        avgObj = 0;
        for i = 1:n_krom
            avgObj = avgObj + child(i).waktu;
        end
```

```
        avgObj = avgObj/10;
        fObj = avgObj - child(1).waktu;

        %===============OUTPUT style=================
        figure(1)
        title('Fungsi Obyektif')
        plot(iter, fObj, 'x');
        hold on
        axis([0 iter 0 25])

        figure(2)
        title('Nilai Fitness')
        plot(iter, child(1).fitness, 'x');
        hold on
        axis([0 iter 0 1])

        if iter<10
            if fObj<10
                fmt= '  %d         %1.2f          %1.4f          %d \n';
            else
                fmt= '  %d        %1.2f          %1.4f          %d \n';
            end
        else
            fmt= ' %d          %1.2f          %1.4f          %d \n';
        end
        fprintf(fmt,iter, fObj, child(1).fitness, child(1).waktu)
        %============================================
    end
    fprintf('============================================\n')
end

fmt=['Kromosom terbaik = ' repmat(' %d',1,numel(child(1).kromosom))
'\n'];
fprintf(fmt, child(1).kromosom)
fprintf('Waktu terpendek  = %d \n', child(1).waktu)

xx = zeros(size(child(1).kromosom,2),1);
yy = zeros(size(child(1).kromosom,2),1);

figure(3)
for i = 1:size(child(1).kromosom,2)
    xx(i) = toko(child(1).kromosom(i)).x;
    yy(i) = toko(child(1).kromosom(i)).y;
end
plot(xx,yy, '-r');
axis([min(xx) max(xx) min(yy) max(yy)])
hold on
for i = 1:size(child(1).kromosom,2)

text(xx(i)+0.0001,yy(i),toko(child(1).kromosom(i)).notasi,'FontSize',8)
end
plot(xx,yy, '-o');
title('Rute terbaik')
hold on

clear a b cr1 cr2 fmt fmt0 off1 off2
```

B. Foto-foto Penelitian

