

**PERANCANGAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGGUNAKAN
ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN *LOCAL SEARCH* GUNA
OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI PADA PT MADUBARU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Yahya Efendi

No. Mahasiswa : 17522173

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

ii

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Yahya Efendi menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya orisinil saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dari penelitian sebelumnya yang saya gunakan dan telah saya jelaskan sumbernya. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidakaslian karya ini sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 28 April 2022



Yahya Efendi

17522173

LEMBAR PENELITIAN**PT MADUBARU***PG.PS. MADUKISMO***SURAT KETERANGAN****No. : 139 / /DIR/MB/IV/2022**

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa,

Nama : Yahya Efendi

NIM : 17522173

Adalah mahasiswa Program Studi S1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah selesai melaksanakan penelitian di Bagian Akuntansi dan Keuangan Sie Pemasaran pada tanggal 11 Januari 2022 s.d. 11 April 2022.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 April 2022

as Direktur PT Madubaru

Retna Isbarsriyani
Ka. Bag. SDM & Umum

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**PERANCANGAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGGUNAKAN
ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN *LOCAL SEARCH* GUNA
OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI PADA PT MADUBARU****TUGAS AKHIR**

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

Disusun Oleh:

Yahya Efendi

17522173

Yogyakarta, 28 April 2022

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Ir. Ali Parkhan, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**PERANCANGAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGGUNAKAN
ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN *LOCAL SEARCH* GUNA
OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI PADA PT MADUBARU****TUGAS AKHIR**

Oleh:

Nama : Yahya Efendi

No. Mahasiswa : 17522173

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 17 Juni 2022

Tim Penguji

Ir. Ali Parkhan, M.T.

Ketua

Suci Miranda, S.T., M.Sc.

Anggota I

Andrie Pasca Hendradewa, S.T., M.T.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk orang-orang yang saya cintai, yaitu:

Kedua orang tua saya, dan

Diri saya sendiri.



HALAMAN MOTTO

“The best way to predict the future is to create it”

- Abraham Lincoln

*“It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives,
it is the one that is most adaptable to change”*

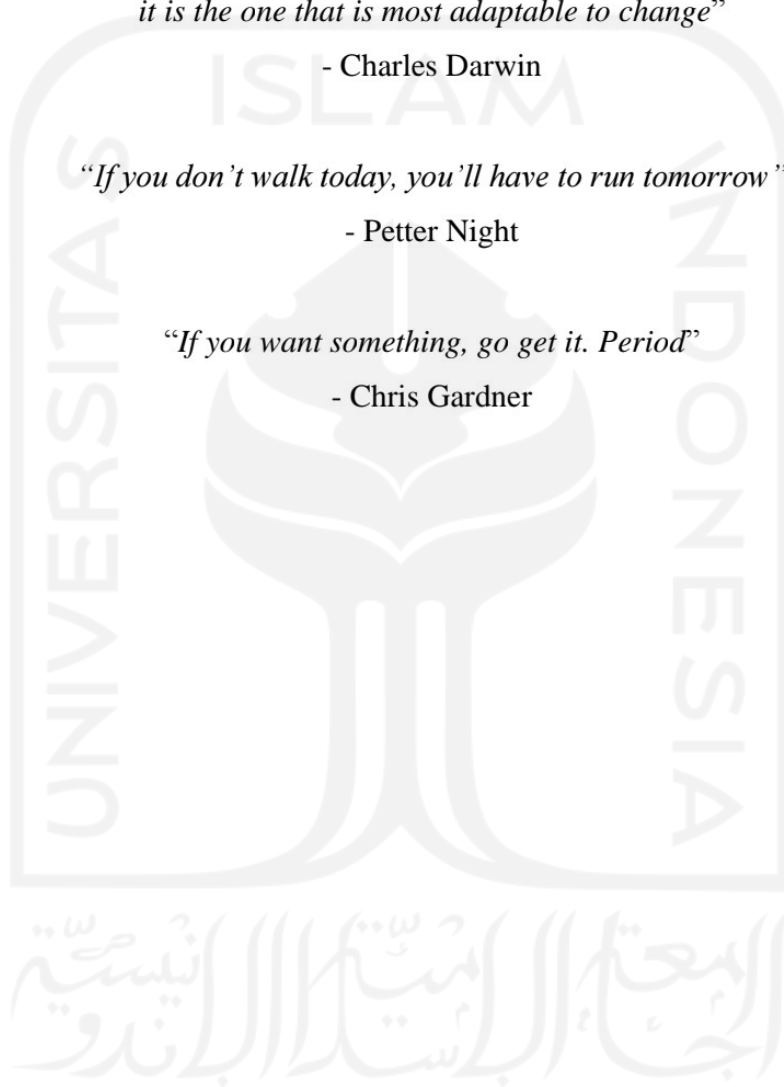
- Charles Darwin

“If you don't walk today, you'll have to run tomorrow”

- Petter Night

“If you want something, go get it. Period”

- Chris Gardner



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan menyebut nama Allah SWT, yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran-Nya, yang telah memberikan limpahan rahmat dan taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini dengan judul “Perancangan *Vehicle Routing Problem* menggunakan Algoritma *Nearest Neighbor* dan *Local Search* guna Optimasi Biaya Distribusi pada PT Madubaru”. Sholawat serta salam selalu tucurahkan kepada Rasulullah SAW dan keluarga serta sahabat yang telah membawa umat manusia menuju jalan yang diridhoi oleh Allah SWT, mengubah zaman kegelapan menjadi zaman yang terang-benderang, serta menjadikan umat manusia yang jahiliyyah menjadi manusia yang berilmu dan lebih beradab.

Tugas Akhir (TA) atau skripsi merupakan salah satu persyaratan yang wajib ditempuh oleh mahasiswa sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Selama pelaksanaan penelitian dan pengerjaan tugas akhir, penulis mendapatkan banyak sekali ilmu dan pengalaman yang tidak terlupakan.

Bimbingan dan bantuan datang begitu banyak kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, moril ataupun materil sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang begitu besar dari hati yang terdalam kepada:

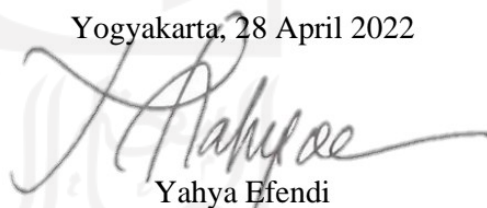
1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang telah memberikan masukan dan bimbingannya untuk persiapan, pelaksanaan, dan penulisan tugas akhir.
4. Kedua orang tua dan saudari saya atas segala doa, semangat, dan nasihat yang diberikan.
5. PT Madubaru yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian tugas akhir.

6. Ibu Citra selaku Kepala Bagian Pemasaran yang telah mengizinkan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir di Bagian Pemasaran.
7. Seluruh karyawan PT Madubaru yang selalu ramah dan membantu selama di perusahaan.
8. Sahabat semasa kuliah yang memberikan dukungan, bantuan, dan pengalaman terindah selama kuliah dan teman-teman main yang menemani selama pandemi Covid-19.
9. Teman-teman Teknik Industri khususnya angkatan 2017, yang telah menjadikan kenangan terindah selama masa perkuliahan berlangsung.
10. *Last but not least, I want to thank me, I want to thank me for believing in me, I want to thank me for doing all this hard work, I want to thank me for having no days off, I want to thank me for never quitting, and I want to thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan hormat penulis menerima kritik dan saran yang membangun sehingga mampu menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis selalu berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca ataupun semua pihak yang membutuhkan di kemudian hari.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 28 April 2022



Yahya Efendi

17522173

ABSTRAK

Perencanaan rute distribusi merupakan salah satu kebijakan yang berdampak kepada jarak tempuh dan juga biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan distribusi. Perencanaan rute distribusi termasuk ke dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan tujuan untuk menemukan rute yang lebih baik dari sebelumnya. Penelitian dilakukan di Bagian Pemasaran di PT Madubaru, perusahaan yang bergerak di bidang agro industri dengan mengolah bahan baku tebu menjadi gula. Permasalahan yang dihadapi oleh Bagian Pemasaran adalah kurang optimalnya rute distribusi, kendaraan distribusi sering melewati jalur yang sama beberapa kali atau mengunjungi suatu daerah yang sama namun tidak dalam satu waktu, dan penggunaan kapasitas kendaraan distribusi yang tidak maksimal mengakibatkan kebutuhan kendaraan dalam melakukan distribusi yang tinggi. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap jauhnya jarak tempuh kendaraan yang dilalui, sehingga biaya yang perlu dikeluarkan pun ikut membengkak seiring bertambahnya jarak tempuh kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan rute distribusi yang terbaik sehingga dapat mengurangi jarak tempuh kendaraan dan meminimalkan biaya distribusi, serta memaksimalkan muatan kendaraan. Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan rute dan *Local Search* sebagai metode perbaikan rute. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 4 rute distribusi yang terbentuk dengan 3 unit kendaraan yang digunakan, berbeda dari rute awalan yaitu 8 rute dan 5 unit kendaraan yang digunakan. Jarak tempuh KBM pada setiap minggunya pada rute usulan akhir sejauh 508,8 km, lebih rendah 46,2% dari rute awalan yaitu 945,2 km. Biaya yang dikeluarkan setiap minggunya untuk distribusi juga terdapat perbedaan yaitu 45,02% dari Rp3.721.970,11- menjadi Rp2.046.202,60-. Rata-rata keterisian kendaraan meningkat dari 52,6% menjadi 83,90%.

Kata Kunci: *Capacitated VRP*, Gula, *Local Search*, *Nearest Neighbor*, Optimasi, Rute Distribusi, *Vehicle Routing Problem* (VRP)

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN | ii |
| LEMBAR PENELITIAN | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI..... | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| HALAMAN MOTTO..... | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| ABSTRAK..... | x |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II KAJIAN LITERATUR..... | 7 |
| 2.1 Kajian Deduktif..... | 7 |
| 2.1.1 <i>Supply Chain Management</i> | 7 |
| 2.1.2 Transportasi | 9 |
| 2.2 Metode Penentuan Rute | 12 |
| 2.2.1 <i>Vehicle Routing Problem</i> | 12 |
| 2.2.2 <i>Nearest Neighbor</i> | 13 |
| 2.2.3 <i>Local Search</i> | 15 |
| 2.2.4 Persamaan Model Matematika..... | 17 |
| 2.3 Biaya Operasional | 18 |
| 2.4 Kajian Induktif | 20 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 32 |
| 3.1 Objek Penelitian | 32 |
| 3.2 Metode Pengumpulan Data..... | 32 |
| 3.3 Alur Penelitian | 33 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA..... | 38 |
| 4.1 Profil Perusahaan | 38 |
| 4.1.1 Deskripsi Perusahaan..... | 38 |
| 4.1.2 Visi dan Misi..... | 38 |
| 4.1.3 Struktur Organisasi | 39 |
| 4.1.4 Lokasi Perusahaan | 41 |
| 4.1.5 Produk..... | 43 |
| 4.1.6 Jam Kerja Perusahaan..... | 44 |
| 4.2 Penentuan Rute dan Biaya Distribusi..... | 44 |
| 4.2.1 Algoritma <i>Nearest Neighbor</i> | 44 |
| 4.2.2 <i>Local Search</i> | 72 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.3 Biaya Distribusi | 80 |
| 4.3 Verifikasi Model Matematika | 87 |
| BAB V PEMBAHASAN | 90 |
| 5.1 Analisis Rute Distribusi dan Biaya | 90 |
| 5.1.1 Rute Awal | 90 |
| 5.1.2 Jarak Tempuh | 91 |
| 5.1.3 Biaya Distribusi | 91 |
| 5.2 Analisis Perbandingan Rute Awal dan Rute Usulan | 93 |
| 5.2.1 Rute Usulan Awal | 93 |
| 5.2.2 Rute Usulan Akhir | 95 |
| 5.3 Biaya Distribusi | 97 |
| 5.3.1 Rute Awal | 97 |
| 5.3.2 Rute Usulan Awal | 98 |
| 5.3.3 Rute Usulan Akhir | 99 |
| 5.4 Perbandingan Rute | 100 |
| 5.4.1 Penggunaan Kapasitas KBM | 100 |
| 5.4.2 Jarak Tempuh KBM | 102 |
| 5.4.3 Biaya Distribusi | 104 |
| 5.5 Verifikasi Model | 106 |
| BAB VI PENUTUP | 108 |
| 6.1 Kesimpulan | 108 |
| 6.2 Saran | 109 |
| DAFTAR PUSTAKA | 111 |
| LAMPIRAN | 115 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu | 21 |
| Tabel 2.2. Pemetaan Penelitian Terdahulu | 29 |
| Tabel 4.1. Jam Kerja PT Madubaru | 44 |
| Tabel 4.2. Daftar Pelanggan PT Madubaru | 45 |
| Tabel 4.3. Data Kendaraan Distribusi | 46 |
| Tabel 4.4. Rute Awal PT Madubaru | 54 |
| Tabel 4.5. Matriks Jarak Titik Kunjungan (Km) | 59 |
| Tabel 4.6. Tujuan KBM Ke-1 Pada rute 1 | 60 |
| Tabel 4.7. Tujuan KBM Ke-2 Pada Rute 1 | 61 |
| Tabel 4.8. Tujuan KBM Ke-3 Pada Rute 1 | 62 |
| Tabel 4.9. Tujuan KBM Ke-4 Pada Rute 1 | 62 |
| Tabel 4.10. Tujuan KBM Pada Rute 1 | 63 |
| Tabel 4.11. Tujuan KBM Ke-1 Pada Rute 2 | 64 |
| Tabel 4.12. Tujuan KBM Ke-2 Pada Rute 2 | 64 |
| Tabel 4.13. Tujuan KBM Pada Rute 2 | 65 |
| Tabel 4.14. Tujuan KBM Ke-1 Pada Rute 3 | 66 |
| Tabel 4.15. Tujuan KBM Pada Rute 3 | 66 |
| Tabel 4.16. Tujuan KBM Pada Rute 4 | 67 |
| Tabel 4.17. Rute Usulan Awal PT Madubaru | 69 |
| Tabel 4.18. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 1 | 73 |
| Tabel 4.19. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 2 | 74 |
| Tabel 4.20. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 3 | 74 |
| Tabel 4.21. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 4 | 75 |
| Tabel 4.22. Rute Usulan Akhir PT Madubaru | 77 |
| Tabel 4.23. Biaya Depresiasi KBM Investasi | 80 |
| Tabel 4.24. biaya Perawatan KBM Investasi | 81 |
| Tabel 4.25. Biaya Tenaga Kerja | 81 |
| Tabel 4.26. Biaya Variabel Bahan Bakar | 82 |
| Tabel 4.27. Biaya Variabel Oli Kendaraan | 82 |
| Tabel 4.28. Biaya Semi Variabel | 83 |
| Tabel 4.29. Biaya Distribusi Rute Awalan | 85 |
| Tabel 4.30. Biaya Distribusi Rute Usulan Awal | 85 |
| Tabel 4.31. Biaya Distribusi Rute Usulan Akhir | 86 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 2.1. Alur Supply Chain Management | 8 |
| Gambar 2.2. Direct Shipment Ke Satu Tujuan | 11 |
| Gambar 2.3. Milk Runs Ke Banyak Tujuan | 12 |
| Gambar 2.4. Contoh Metode Algoritma Nearest Neighbor..... | 13 |
| Gambar 2.5. Algoritma Pada Local Search | 16 |
| Gambar 3.1. Alur Penelitian | 34 |
| Gambar 4.1. Struktur Organisasi PT Madubaru | 39 |
| Gambar 4.2. Lokasi PT Madubaru Berdasarkan Peta DIY..... | 42 |
| Gambar 4.3. Letak Geografis PT Madubaru..... | 43 |
| Gambar 4.4. Rute 1 Awalan..... | 47 |
| Gambar 4.5. Rute 2 Awalan..... | 48 |
| Gambar 4.6. Rute 3 Awalan..... | 49 |
| Gambar 4.7. Rute 4 Awalan..... | 50 |
| Gambar 4.8. Rute 5 Awalan..... | 51 |
| Gambar 4.9. Rute 6 Awalan..... | 51 |
| Gambar 4.10. Rute 7 Awalan..... | 52 |
| Gambar 4.11. Rute 8 Awalan..... | 53 |
| Gambar 4.12. Penentuan Jarak Tempuh Kendaraan..... | 57 |
| Gambar 5.1. Perbandingan Penggunaan Kapasitas KBM | 101 |
| Gambar 5.2. Perbandingan Jarak Tempuh KBM..... | 102 |
| Gambar 5.3. Perbandingan Biaya Distribusi | 104 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula adalah salah satu komoditas yang penting bagi masyarakat dunia, khususnya Indonesia. Gula merupakan sumber kalori yang digunakan sebagai energi untuk beraktivitas sehari-hari bagi masyarakat secara umum, selain dari beras dan umbi-umbian. Hal ini menjadikan gula sebagai salah satu bahan makanan pokok. Sifat dasar gula yang manis, membuat gula tidak hanya sebatas untuk memenuhi kebutuhan kalori harian, melainkan juga sebagai bahan pemanis untuk makanan dan minuman.

Di Indonesia, industri yang bergerak di bidang agro industri yang mengolah bahan baku tebu menjadi gula cukup menjanjikan, karena permintaan gula nasional setiap tahunnya mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2021 produksi gula di Indonesia naik hingga 2,24 juta ton, naik dari tahun sebelumnya yaitu 2020 sekitar 2,13 juta ton. Permintaan gula di Indonesia yang begitu tinggi dan produksi gula nasional yang masih stagnan, memaksa pemerintah untuk melakukan kebijakan impor gula dari negara tetangga. Menurut *International Trade Center* (ITC) (ITC, 2021) (diperoleh dari situs intracen.org diakses pada 15 Januari 2022) sepanjang tahun 2021 Indonesia sudah melakukan impor sebanyak 3,78 juta ton gula, yang mana 3,1 juta ton adalah Gula Kristal Rafinasi (GKR) untuk industri pengolahan gula, dan Gula Kristal Putih (GKP) untuk konsumsi masyarakat sebanyak 680.000 ton. Pemerintah melakukan hal tersebut untuk mengantisipasi lonjakan permintaan gula pada tahun 2022 yang diperkirakan dapat mencapai hingga 4,37 juta ton.

Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, kemampuan dalam *supply chain management* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan sebuah perusahaan. Logistik merupakan kegiatan yang mengelola dan memfasilitasi serta koordinasi semua pergerakan terhadap *demand* dan *supply* dalam mengoptimalkan utilitas waktu dan tempat serta biaya yang mendasari seluruh kegiatan tersebut (James, et al., 1973). Menurut (Annisa & Faraningrum, 2014) logistik adalah aktivitas yang begitu penting terhadap perusahaan, penyaluran produk dari perusahaan ke konsumen sangat

bergantung pada proses distribusi. Logistik yang baik adalah yang mampu menyalurkan produk dengan tepat dan tanpa adanya pembengkakan biaya operasional, hal ini dikarenakan biaya yang dikeluarkan dalam proses distribusi tidak memberikan *value added* atau nilai tambah pada produk yang didistribusikan.

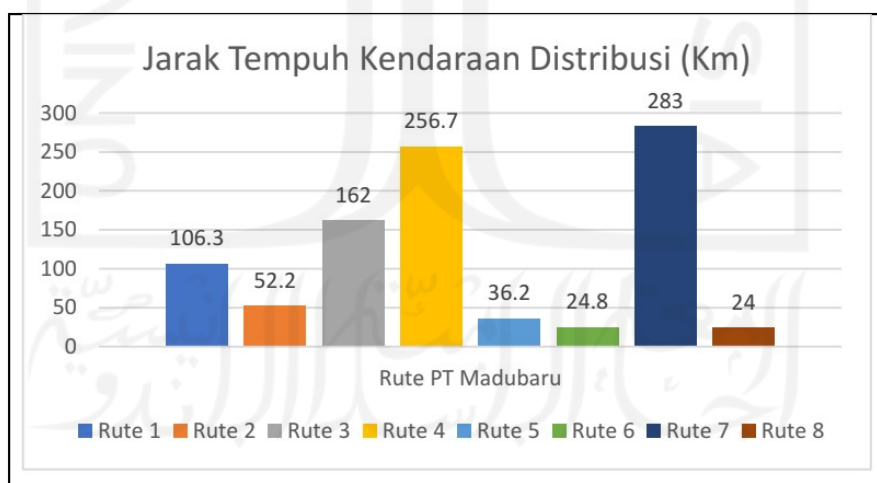
Proses distribusi merupakan proses yang membutuhkan biaya dalam prosesnya, namun tidak memberikan nilai tambah terhadap produk yang didistribusikan. Menurut (Worthington & West, 2001) nilai tambah atau *value added* adalah bertambahnya nilai suatu komoditas karena telah melalui proses pengolahan. Nilai tambah dapat diperoleh suatu produk apabila nilai sebelum serta setelah melalui suatu proses berbeda dan lebih tinggi. Sedangkan dalam proses distribusi, nilai suatu barang sebelum dan setelah dilakukan distribusi ke beberapa tempat, namun harga produk tersebut tetap sama, sehingga proses distribusi dapat dikatakan tidak memberikan nilai tambah ke barang yang telah didistribusikan. Oleh karena itu perusahaan perlu melakukan perencanaan jalur distribusi atau *vehicle routing problem*.

Mengoptimalkan penggunaan jalur distribusi perlu dilakukan oleh perusahaan dalam menghemat biaya transportasi. Menurut (Wulandari, 2020) menentukan rute distribusi secara optimal dan tepat, dapat membantu perusahaan dalam menangani biaya transportasi dan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Sedangkan menurut (Nugraha & Sari, 2019) biaya distribusi dapat ditekan, namun dengan melakukan perencanaan secara matang. Hal ini karena jaringan distribusi juga termasuk ke dalam sistem *supply chain* yang kompleks dengan memperhatikan faktor-faktor yang terkait seperti jumlah fasilitas, *demand*, dan rute dari sumber ke tempat tujuan. Dengan memaksimalkan penggunaan fasilitas kendaraan yang tersedia, biaya angkut yang dibebankan kepada produk dapat berkurang.

PT Madubaru merupakan perusahaan agro industri yang mengolah bahan baku tebu menjadi gula. PT Madubaru merupakan pabrik gula yang sudah berdiri sejak 1955, sehingga perusahaan ini terkenal dengan kualitas produk yang mereka olah. Kebijakan pemerintah untuk melakukan impor gula secara besar-besaran, hal ini mengakibatkan persaingan dalam industri gula akan semakin ketat. Perusahaan membutuhkan strategi yang baik agar dapat bersaing dengan produk impor baik dari proses distribusinya ataupun manajemen yang ada di dalam perusahaan untuk dapat memaksimalkan seluruh aset dan juga biaya yang mereka miliki. Selama ini, PT Madubaru tidak melakukan perencanaan rute untuk melakukan distribusi produk mereka. Pola distribusi yang sudah

mereka gunakan sepenuhnya subjektivitas pengendara atau *driver* yaitu berdasarkan pengalaman *driver*, hal ini belum tentu dapat memberikan rute yang terpendek.

Berdasarkan wawancara dengan Kepala Bagian Pemasaran dan juga *driver* kendaraan distribusi PT Madubaru, terdapat suatu permasalahan pada jarak rute yang mereka tempuh untuk melakukan distribusi kepada pelanggan yaitu sering terjadinya kendaraan melewati jalur yang sama beberapa kali atau mengunjungi suatu daerah yang sama namun tidak dalam satu waktu yang bersamaan dan juga kendaraan distribusi yang digunakan tidak dalam keadaan penuh pada saat melakukan distribusi, atau kendaraan distribusi hanya berisi setengah dari kapasitas maksimum yang dapat dibawa oleh kendaraan. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap banyaknya jumlah rute dan jarak yang mereka tempuh untuk melakukan distribusi yaitu semakin bertambah dan jauh jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan, karena sedikitnya produk yang dibawa dalam satu rute mengakibatkan hanya sedikit pelanggan yang dapat dilayani dalam satu rute. Hal ini pun mengakibatkan semakin jauh jarak yang ditempuh oleh kendaraan, ditambah dengan kapasitas kendaraan yang tidak penuh membuat biaya distribusi membengkak, hal ini dikarenakan terdapat biaya variabel yang pergerakan nilainya bergantung terhadap jarak tempuh kendaraan.



Gambar 1.1. Jarak Rute Distribusi KBM

Berangkat dari permasalahan tersebut dan telah dianalisis, PT Madubaru memerlukan perencanaan rute distribusi produk gula yang dapat memperpendek jarak tempuh kendaraan dan menghemat biaya distribusi. Perencanaan rute distribusi pada perusahaan PT Madubaru termasuk ke dalam kategori *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), penulis akan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Local*

Search sebagai metode optimasi atau penentuan rute dan perbaikan rute yang digunakan untuk melakukan perencanaan rute distribusi, penggunaan metode tersebut lebih cocok dengan kondisi yang ada di PT Madubaru dan juga data yang tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Kendaraan distribusi yang sering melalui rute yang sama namun dalam waktu yang berbeda, penggunaan kapasitas kendaraan yang tidak maksimal, serta kurangnya perencanaan dalam melakukan distribusi produk gula. Maka, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana rute distribusi yang dapat meminimalkan rute dan biaya distribusi pada PT Madubaru Yogyakarta?
2. Seberapa besar penghematan rute dan biaya pada rute usulan akhir dengan rute dan biaya sebelumnya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan penelitian dibuat agar penelitian dilakukan dapat lebih terarah dan spesifik, berikut adalah batasan tersebut:

1. Penelitian dilakukan di PT Madubaru Yogyakarta, yang berada di Jl. Padokan, Rogocolo, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta.
2. Metode penelitian yang digunakan adalah algoritma *Nearest Neighbor* dan *Local Search*.
3. Objek penelitian adalah gula di bagian distribusi.
4. Tidak mempertimbangkan kegiatan kendaraan dan pekerja diluar kegiatan distribusi
5. Penelitian ini hanya sebatas usulan tidak sampai pada tahap implementasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Menganalisis rute distribusi yang dapat meminimalkan rute dan biaya distribusi pada PT Madubaru Yogyakarta menggunakan *Nearest Neighbor* dan *Local Search*.
2. Menganalisis perbandingan penghematan rute dan biaya pada rute usulan akhir dengan rute dan biaya sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat berguna bagi pihak-pihak yang terkait, sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Dapat menambah pengalaman dan pengetahuan bagi penulis terutama dalam hal *supply chain management* dan *vehicle routing problem* dalam proses penentuan jalur distribusi menggunakan metode algoritma *nearest neighbor* dan *local search*.

2. Bagi perusahaan

Perusahaan PT Madubaru Yogyakarta khususnya bagian pemasaran dapat dijadikan sebagai gambaran perbaikan sistem distribusi dengan memaksimalkan proses distribusi dan meminimalkan biaya distribusi. Perusahaan juga diharapkan dapat menghemat rute hingga 10% dari rute yang sudah ada. Selain itu, dapat memaksimalkan penggunaan kapasitas kendaraan distribusi

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat untuk memberikan gambaran secara umum mengenai penelitian yang akan dilakukan. Adapun uraian sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang yang mendasari penelitian dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini menguraikan metode dan teori yang melandasi permasalahan yang diteliti dan digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan hingga langkah penyelesaian masalah. Teori yang digunakan bersumber dari penelitian terdahulu, jurnal, buku, dan penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang objek penelitian, cara pengumpulan data, alur penelitian, dan langkah-langkah penyelesaian masalah dalam penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

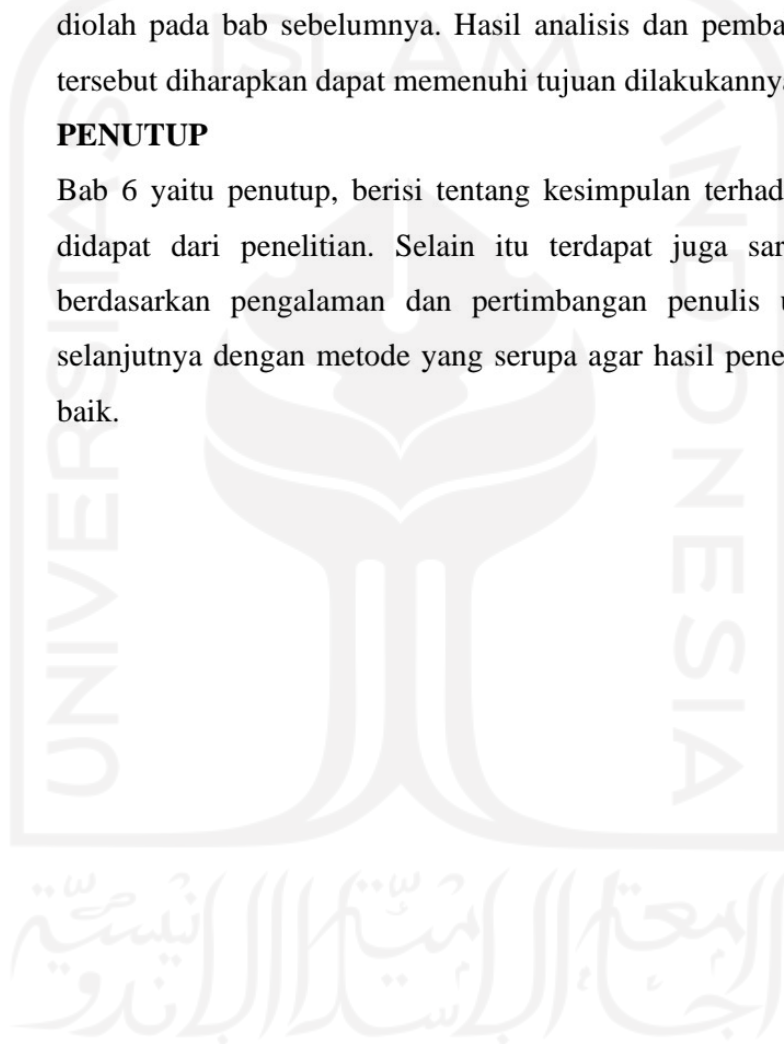
Bab ini berisi tentang data yang telah diperoleh selama penelitian untuk kemudian dilakukan pengolahan. Data yang sudah diolah tersebut kemudian akan dianalisis sebagai hasil acuan pembahasan yang akan ditulis pada bab selanjutnya.

BAB V PEMBAHASAN

Di bab 5 ini berisi pembahasan hasil yang keseluruhan data yang telah diolah pada bab sebelumnya. Hasil analisis dan pembahasan penelitian tersebut diharapkan dapat memenuhi tujuan dilakukannya penelitian.

BAB VI PENUTUP

Bab 6 yaitu penutup, berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang didapat dari penelitian. Selain itu terdapat juga saran yang dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis untuk penelitian selanjutnya dengan metode yang serupa agar hasil penelitian yang lebih baik.



BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Deduktif

2.1.1 *Supply Chain Management*

Menurut (Chopra & Meindl, 2013) *Supply Chain Management* (SCM) adalah sebuah konsep mengenai pola pendistribusian yang dapat menggantikan pola sebelumnya dengan lebih optimal. *Supply chain* atau rantai pasok adalah suatu sistem yang digunakan perusahaan untuk menyalurkan produk mereka kepada pelanggan. Banyak pihak yang saling berhubungan dalam proses ini untuk mencapai tujuan bersama, yaitu pengadaan bahan baku, kemudian diolah hingga menjadi produk jadi, kemudian didistribusikan sampai ke pelanggan (Setyawan & Setyadi, 2017).

Rantai pasok merupakan pendekatan yang digunakan untuk efisiensi, kerja sama antar *supplier*, perusahaan, gudang, dan juga konsumen, sehingga produk yang dihasilkan dapat didistribusikan dengan jumlah dan waktu yang tepat (Hayati, 2014). Tujuan utama dari *supply chain* adalah untuk mempersingkat siklus rantai pasok dari hulu ke hilir yaitu dari *supplier* hingga ke konsumen, memperpendek rute distribusi, dan meminimalisasi biaya transportasi, serta menekan biaya produksi. Dalam praktiknya, *supply chain management* dapat mengendalikan aliran barang dan informasi. Informasi yang digunakan kemudian dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan keputusan yang akan diambil.

Orang yang memiliki kepentingan atau sering disebut dengan *stakeholder* sangat berperan penting dalam rantai pasok. Menurut (Hayati, 2014) terdapat beberapa pemeran utama dalam rantai pasok, yaitu:

1. *Supplier (chain 1)*

Rantai pertama dalam *supply chain* berawal dari pemasok. *Supplier* adalah sumber yang menyediakan bahan baku yang dibutuhkan perusahaan. Bahan baku yang disediakan pun bermacam-macam, seperti bahan baku mentah, bahan baku setengah jadi, ataupun bahan baku pendukung, serta *spare part*.

2. *Supplier – Manufacturer (chain 1-2)*

Rantai selanjutnya *manufacturer* atau perusahaan yang bertujuan untuk melakukan proses produksi dan mengubah bahan baku yang didapat dari *supplier* menjadi produk yang memiliki nilai tambah.

3. *Supplier – Manufacturer – Distribution Center (chain 1-2-3)*

Rantai ketiga ini melakukan distribusi produk yang sudah diproduksi kepada pelanggan menggunakan distributor atau *wholesaler*.

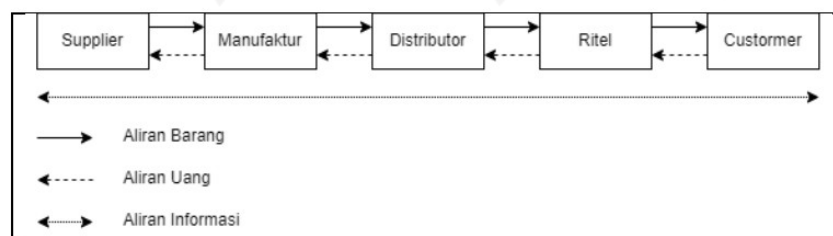
4. *Supplier – Manufacturer – Distribution Center – Retail (chain 1-2-3-4)*

Dari distributor atau *wholesaler*, dilakukan distribusi kembali kepada pelanggan yang lebih kecil seperti retail dan toko-toko yang lebih dekat dengan pelanggan.

5. *Supplier – Manufacturer – Distribution Center – Retail - Customer (chain 1-2-3-4-5)*

Customer atau pelanggan merupakan rantai terakhir dalam sistem *supply chain* yang dapat disebut sebagai *end user*.

Dalam proses *supply chain management* (SCM) yang terpadu, dapat memberikan *feedback* antara sistem informasi kepada bagian manajemen untuk melakukan pengadaan barang atau bahan baku guna menjaga ketersediaan produk serta dapat menjaga hubungan antar perusahaan dengan pemasok bahan baku. Menurut (Anwar, 2011) terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dalam aliran *supply chain management*, yaitu aliran barang dari hulu ke hilir atau dari *supplier* bahan baku hingga ke tangan konsumen, kemudian ada aliran biaya yang memiliki alur berlawanan dengan aliran barang yaitu dari hilir ke hulu atau dari pelanggan ke *supplier*, hal ketiga yang perlu diperhatikan dalam aliran *supply chain* adalah informasi yang memiliki alur fleksibel, bisa dari hulu ke hilir ataupun sebaliknya. Berikut model *supply chain management* yang digambarkan secara sederhana pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Alur *Supply Chain Management*
(Sumber: (Chopra & Meindl, 2013))

Menurut (Ross, 2003) *supply chain management* dituntut mampu menurunkan jarak rute distribusi yang dapat berpengaruh terhadap menurunnya biaya produksi dan dapat merealisasikan sistem yang sudah ditentukan sehingga, dapat membantu perusahaan untuk melakukan optimalisasi biaya yang dikeluarkan. Terdapat tiga bagian yang dicakup oleh *supply chain*, yaitu:

1. *Upstream Supply Chain*

Bagian ini mencakup seluruh hubungan antara perusahaan dengan *supplier* bahan baku, baik bahan baku mentah, setengah jadi, ataupun *assembling*.

2. *Internal Supply Chain*

Internal supply chain merupakan bagian yang mencakup semua proses yang terdapat di dalam sebuah perusahaan atau manufaktur untuk mengubah seluruh bahan baku menjadi produk jadi. Proses yang dimaksud adalah dari awal bahan baku masuk ke perusahaan hingga produk siap didistribusikan.

3. *Downstream Supply Chain*

Seluruh proses yang berkaitan dengan pengiriman produk ke konsumen merupakan bagian dari *downstream supply chain*.

2.1.2 Transportasi

Pergerakan produk dari satu tempat ke tempat yang lainnya dari awal *supply chain* hingga ke konsumen dapat diartikan sebagai transportasi (Chopra & Meindl, 2013). Proses transportasi atau distribusi ini sangat penting dalam proses rantai pasok, hal ini dikarenakan sebuah produk sangat jarang diproduksi dari awal hingga akhir hanya di satu tempat yang sama.

Transportasi adalah salah satu komponen yang menggunakan biaya paling banyak dalam sistem *supply chain*. Perpindahan barang yang dilakukan pada transportasi dalam sistem *supply chain* dapat mempengaruhi responsivitas dan efisiensi dalam waktu bersamaan. Kecepatan dalam proses transportasi berbanding lurus dengan biaya yang dikeluarkan serta meningkatkan responsivitas dan dapat mengurangi efisiensi secara bersamaan. Sehingga perusahaan yang memiliki jumlah permintaan yang sedikit, memiliki fasilitas yang sedikit pula.

Tipe model transportasi yang digunakan oleh perusahaan dapat mempengaruhi *inventory*, rantai pasok, dan juga lokasi fasilitas perusahaan. Dalam kasus ini, perusahaan dibebaskan memilih lokasi untuk fasilitas mereka dan juga gudang untuk mendapatkan

nilai responsivitas dan efisiensi yang seimbang dari keduanya (Azizah & Suryawinata, 2018). Dalam penentuan model transportasi yang digunakan, sebuah perusahaan juga harus menentukan apakah sebuah kendaraan transportasi dapat langsung menuju ke tempat permintaan atau pergi ke tempat lain terlebih dahulu untuk melakukan pengantaran di tempat lain. Menurut (Chopra & Meindl, 2013) penentuan moda transportasi yang digunakan dalam proses transportasi dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan seperti (transportasi, *inventory*, fasilitas, informasi, dan tenaga kerja). Dalam pemilihan moda transportasi yang digunakan juga memiliki kriteria yang harus diperhatikan. Berikut moda transportasi yang digunakan dalam proses transportasi:

1. Air (*Cargo Plane*)

Transportasi udara merupakan moda yang paling mahal dan yang tercepat dalam proses distribusi, serta dapat menjangkau jarak yang jauh. Untuk produk yang didistribusikan memiliki nilai tinggi atau sensitif terhadap waktu yaitu seperti keadaan darurat, kecil, dan harus menempuh jarak jauh, maka moda transportasi udara adalah yang cocok.

2. Rail (*Train*)

Kereta merupakan moda transportasi yang cocok digunakan untuk produk yang memiliki dimensi besar, berat, dan menempuh jarak jauh serta tidak sensitif terhadap waktu. Hal ini dikarenakan dalam prosesnya, kereta sangat rentan mengalami keterlambatan.

3. Trucking

Trucking merupakan moda transportasi yang fleksibel, dapat memberikan layanan pengiriman *door-to-door* dan dengan waktu layanan yang lebih singkat. Moda ini juga memiliki keuntungan seperti tidak adanya proses transfer untuk melakukan *pick up* dan *delivery*.

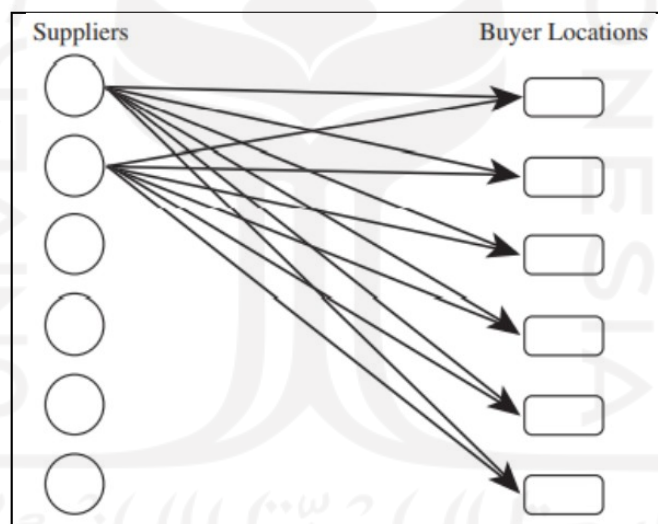
4. Water (*Ship*)

Dalam perdagangan dunia, transportasi kapal merupakan yang mendominasi untuk melakukan distribusi untuk semua tipe produk, ada sekitar 77% kargo dunia didistribusikan menggunakan kapal, baik dari minyak, batu bara, mobil, bahkan pakaian dan buah-buahan. Transportasi air cocok untuk produk dengan jumlah yang banyak atau massal dan juga berat serta biaya yang paling rendah. Hal ini berbanding lurus dengan waktu pelayanannya yang lebih lama dari moda transportasi yang lain.

Desain transportasi yang digunakan di sebuah perusahaan berdampak pada kinerja baik pada responsivitas atau efisiensinya. Hal ini dapat tercapai karena jaringan transportasi menentukan dan memutuskan jadwal operasional sebuah kendaraan dan rute mana yang harus dilewati. Berikut metode yang kerap kali digunakan perusahaan untuk melakukan distribusi produk mereka (Suebsangin, et al., 2013), yaitu:

1. *Direct Shipment*

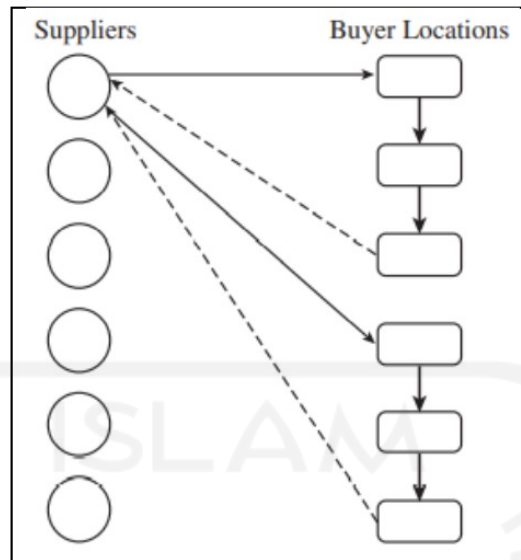
Pengantaran secara langsung atau *direct shipping* memiliki arti yaitu seluruh distribusi akan secara langsung diantar ke konsumen, satu *supplier* akan mengantar ke satu lokasi tujuan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. *Direct shipment* menggunakan kendaraan dengan kapasitas yang hampir penuh untuk melakukan pengiriman langsung ke tujuan. Pengiriman tidak perlu pergi ke *distribution center* terlebih dahulu. Metode ini dapat menghemat biaya transportasi yang melakukan pengiriman hanya sekali, namun dapat meningkatkan biaya *inventory*.



Gambar 2.2. *Direct Shipment* Ke Satu Tujuan
(Sumber: (Suebsangin, et al., 2013))

2. *Milk Runs*

Penggunaan *milk runs* dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk transportasi dengan cara menggabungkan seluruh pengiriman dengan permintaan yang sedikit dan utilitas kendaraan yang tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Namun, metode ini dapat mengurangi biaya gudang atau *inventory*, dan secara bersamaan menaikkan biaya transportasi, hal ini dikarenakan pengiriman barang yang dilakukan secara berkali-kali.



Gambar 2.3. *Milk Runs* Ke Banyak Tujuan
(Sumber: (Suebsangin, et al., 2013))

2.2 Metode Penentuan Route

2.2.1 *Vehicle Routing Problem*

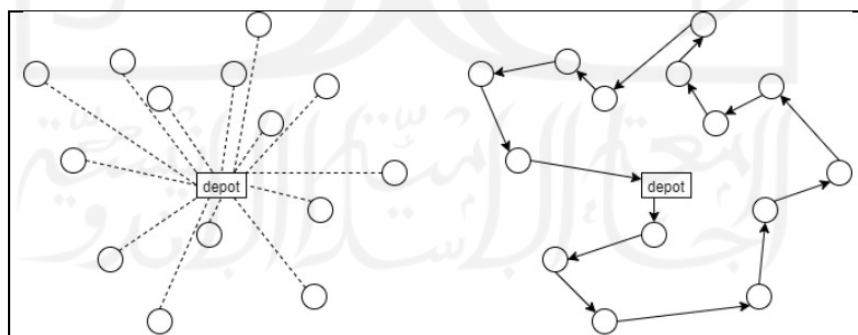
Menurut (Mahmudy, 2014) *vehicle routing problem* merupakan suatu permasalahan yang ada untuk menemukan rute yang lebih baik dari rute sebelumnya. Sedangkan menurut (Wulandari, 2020), *vehicle routing problem* merupakan istilah untuk masalah yang melibatkan rute yang harus ditempuh untuk melayani konsumen dengan lokasi yang tersebar di beberapa titik. (Desiana, et al., 2016) menjelaskan bahwa *vehicle routing problem* adalah suatu masalah dalam menentukan rute optimal perjalanan kendaraan pada saat mendistribusikan barang dari satu gudang ke beberapa konsumen yang memiliki lokasi yang berbeda-beda dan jumlah permintaan barang yang berbeda-beda pula, serta kendaraan berangkat dan akan kembali ke titik awal dimana kendaraan berada.

Tujuan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah untuk mengoptimalkan rute kendaraan untuk melakukan pengantaran produk sehingga biaya operasional yang berhubungan dengan proses tersebut dapat dioptimalkan, serta memaksimalkan penggunaan fasilitas yang sudah ada, untuk mendapatkan hal tersebut perlu melakukan pencarian jalur rute yang dapat meminimalkan jarak dan juga waktu tempuh. Permasalahan yang berhubungan dengan penentuan rute optimal untuk transportasi dalam pelayanan konsumen dapat disebut dengan *vehicle routing problem* (Arvianto, et al., 2014).

2.2.2 Nearest Neighbor

Algoritma *Nearest Neighbor* (ANN) merupakan pendekatan yang paling populer digunakan pada penyelesaian *vehicle routing problem* atau penentuan rute. Pendekatan *nearest neighbor* pada dasarnya melakukan pencarian lokasi terdekat yang belum dikunjungi dari lokasi terakhir kendaraan berada (de Araujo Lima, et al., 2018). Sedangkan menurut (Gunawan, 2012) *nearest neighbor* membuat rute perjalanan dengan melakukan penugasan kepada transportasi dengan memasukan konsumen yang belum dikunjungi ke rute secara satu demi satu dengan jarak terdekat. (Pop, et al., 2011) menjelaskan bahwa algoritma *nearest neighbor* mudah untuk diimplementasikan dan dapat diaplikasikan secara cepat, konsumen akan terlihat lebih jelas dan dikelompokkan setelah perencanaan menggunakan *nearest neighbor* selesai dilakukan.

Algoritma *nearest neighbor* memberikan prioritas kepada konsumen dengan jarak terdekat dari konsumen terakhir yang dikunjungi untuk menentukan rute pengantaran, seperti ilustrasi pada Gambar 2.4. (Pop, et al., 2011) menjelaskan ada beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan dalam membangun rute, yaitu kendaraan distribusi berasal dari depot dan harus berakhir di depot, setiap kendaraan mengunjungi pelanggan hanya satu kali, jumlah muatan tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan, jika muatan melebihi kapasitas maksimum kendaraan maka, tur akan mengulangi proses dari awal dan menggunakan kendaraan selanjutnya, apabila seluruh pelanggan sudah dikunjungi, maka algoritma berakhir.



Gambar 2.4. Contoh Metode Algoritma *Nearest Neighbor*
(Sumber: (Martono & Warnars, 2020))

Dalam membuat rute distribusi menggunakan algoritma *nearest neighbor*, ada beberapa langkah yang harus diperhatikan. Berikut merupakan langkah-langkah yang harus diperhatikan dalam penentuan rute *nearest neighbor* (Hutasoit, et al., 2014):

1. Langkah 1

Pada langkah pertama, input semua data yang dibutuhkan, data *demand* semua pelanggan atau konsumen (D_i), jarak antar gudang dengan pelanggan dan jarak pelanggan dengan pelanggan (S_i), kapasitas maksimum kendaraan (Q_{max}).

2. Langkah 2

Melakukan inisiasi awal, rute ($r = 1$) dan tur ($t = 1$), langkah selanjutnya.

3. Langkah 3

Lokasi awal dari depot atau gudang, lanjutkan langkah 4.

4. Langkah 4

Menentukan kapasitas maksimum kendaraan, lanjut ke langkah 5.

5. Langkah 5

Mencari titik pelanggan yang terdekat dari lokasi kendaraan terakhir berada, kemudian hapus titik pelanggan yang sudah dikunjungi, lanjut langkah 6.

6. Langkah 6

Apabila kapasitas kendaraan yang sudah terisi dijumlahkan dengan *demand* titik selanjutnya adalah lebih dari kapasitas max ($D_i > Q_{max}$) lanjutkan ke langkah 8, jika jumlah *demand* titik selanjutnya diakumulasikan dengan kapasitas kendaraan saat ini dan kurang dari Q ($D_i < Q_{max}$), maka titik pelanggan tersebut akan dikunjungi selanjutnya, kemudian tandai pelanggan telah dilayani dan lanjutkan ke langkah 7.

7. Langkah 7

Menghitung nilai Q yang tersisa, lanjutkan ke langkah 8.

8. Langkah 8

Jika permintaan semua pelanggan adalah 0 ($D_i = 0$) maka lanjut ke langkah 10, jika tidak lanjut ke langkah selanjutnya.

9. Langkah 9

Buat tur baru (r), ($r = r + 1$), kembali ke langkah 5.

10. Langkah 10

Buat rute baru (t), ($t = t + 1$), kembali ke langkah 3.

11. Langkah 11

Apabila semua pelanggan telah dilayani, lanjutkan ke langkah selanjutnya, jika tidak kembali ke langkah 5.

12. Langkah 12

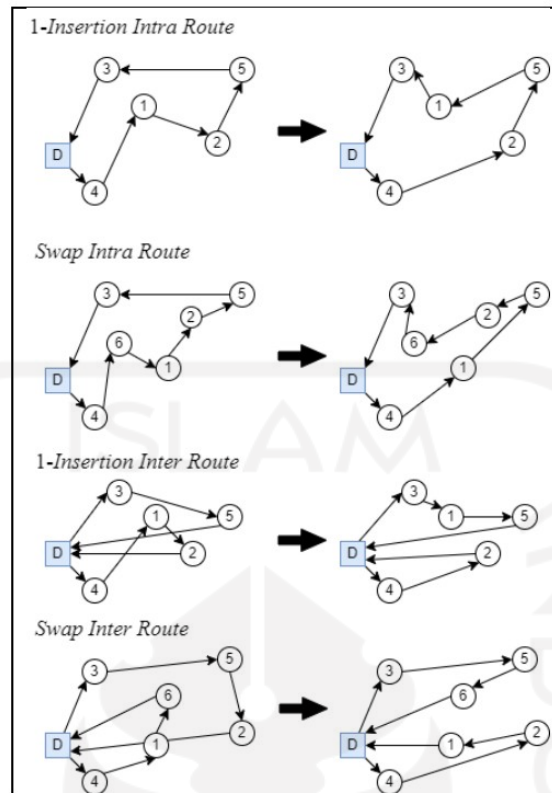
Rute dan tur distribusi sudah terbentuk, prosedur *nearest neighbor* selesai.

2.2.3 Local Search

Local search adalah algoritma yang digunakan untuk mendapatkan rute yang lebih pendek (Ruben & Imran, 2020). Sedangkan (Toth & Vigo, 2002) menjelaskan bahwa *local search* adalah metode heuristik yang penggunaannya sering dikombinasikan dengan metode optimasi lainnya, peran *local search* adalah untuk memperbaiki hasil dari solusi sebelumnya. Salah satu algoritma yang dapat mengoptimalkan dan membantu menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* adalah *local search* untuk melakukan urutan kunjungan pelanggan (Sbai, et al., 2018). Dalam kasus ini pelanggan dapat menerima pesanan mereka sepanjang hari.

Local search merupakan algoritma yang sering digabungkan dengan algoritma lain untuk optimisasi, hal ini dapat memberikan solusi yang lebih baik daripada hanya menggunakan satu metode optimasi. Solusi yang sudah diperoleh sebelumnya dengan menggunakan metode optimasi lain akan ditingkatkan atau dilakukan perbaikan menggunakan metode *local search*, dengan mencari kesalahan serta memperhatikan kondisi rute yang ditempuh dari metode optimasi yang pertama dan melakukan perbaikan hingga mendapatkan hasil yang lebih baik (Abd-Alsabour, 2018). Pada prosesnya, metode ini melakukan penukaran beberapa titik, sesuai dengan algoritma yang digunakan seperti *1-insertion intra route*, *Swap intra route*, *1-insertion inter route*, dan *swap inter route*, ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.5.

- *1-Insertion Intra Route*, adalah perbaikan rute atau tur yang dilakukan dengan cara memindahkan satu pelanggan ke tempat yang lain namun masih didalam satu rute.
- *Swap Intra Route*, merupakan algoritma perbaikan rute dengan melakukan penukaran posisi dua titik pelanggan namun tetap pada rute yang sama.
- *1-Insertion Inter Route*, adalah algoritma perbaikan rute atau tur yang dilakukan dengan melakukan penyisipan titik kunjungan antara rute yang berbeda.
- *Swap Inter Route*, merupakan algoritma perbaikan rute dengan melakukan pertukaran dua titik kunjungan namun pada rute yang berbeda.

Gambar 2.5. Algoritma Pada *Local Search*

Dalam melakukan pencarian rute baru menggunakan algoritma *local search*, ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Menurut (Sbai, et al., 2018) berikut merupakan langkah-langkah perbaikan rute menggunakan metode *local search*:

1. Langkah 1

Pada langkah ke satu, input rute perjalanan transportasi yang sudah diselesaikan menggunakan metode optimasi sebelumnya (S_0), data permintaan pelanggan (D_i), jarak antar gudang penyimpanan dengan pelanggan, dan jarak pelanggan dengan pelanggan (S_i), serta kapasitas maksimum kendaraan (Q_{max}). Lanjutkan langkah 2.

2. Langkah 2

Pada langkah ke 2, pencarian rute baru dimulai dari tur ke 1, $i = 1$. Lanjutkan langkah ke 3.

3. Langkah 3

Melakukan proses *1-insertion intra route*, mencari titik pengantaran yang dapat ditukar, kemudian tukar titik tersebut namun dengan tetap memperhatikan pada rute yang sama pada kendaraan yang sama, lanjutkan langkah ke 4. Jika semua rute yang ada sudah selesai dicari, tandai tur dan lanjutkan langkah ke 6.

4. Langkah 4

Menghitung total jarak yang ditempuh kendaraan pada rute baru, jika total rute lebih kecil dari rute sebelumnya maka lanjutkan ke langkah selanjutnya, jika tidak kembali ke langkah 3.

5. Langkah 5

Pilih rute baru sebagai pengganti rute sebelumnya yang sudah ditentukan, kembali ke langkah 3.

6. Langkah 6

Jika semua tur sudah dicari dan ditandai, lanjutkan langkah ke 8, jika tidak lanjutkan langkah selanjutnya yaitu 7.

7. Langkah 7

Hitung i , $i = i+1$. Kemudian kembali ke langkah 3.

8. Langkah 8

Rute dan tur distribusi sudah terbentuk, Prosedur *local search* menggunakan 1-*insertion intra route* selesai.

2.2.4 Persamaan Model Matematika

Penyelesaian permasalahan model transportasi pada proses distribusi, dengan melakukan minimasi biaya distribusi namun tanpa melewati batas kapasitas maksimum transportasi yang digunakan dapat dirumuskan dalam persamaan matematika. Persamaan model matematika yang dirumuskan merupakan model yang memastikan bahwa kendaraan, kapasitas, dan titik pelanggan tidak menyimpang dari ketentuan metode optimasi yang digunakan. Menurut (Kyriakakis, et al., 2022) berikut persamaan yang sesuai untuk permasalahan minimasi biaya distribusi pada *vehicle routing problem* dengan jumlah permintaan tiap pelanggan telah diketahui:

Fungsi tujuan, *minimize*

$$Z = \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k=K} f_k x_{ij}^k + \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k=K} c_{ij}^k x_{ij}^k \dots\dots\dots(2.1)$$

Memastikan setiap pelanggan dikunjungi (2) dan ditinggalkan (3)

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Memastikan setiap kendaraan membawa barang tidak melebihi kapasitas

$$\sum_{d \in D} y_{ij}^{dk} \leq \sum_{k \in K} x_{ij}^k Q_k, \quad \forall k \in K, (i, j) \in A \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan keterangan:

i titik awal atau KBM berada

j titik pengiriman atau kunjungan

A set dari rute (tur)

K set dari tipe KBM; $k \in K$

f_k biaya tetap terhadap penggunaan tipe KBM $k \in K$

x_{ij}^k $\begin{cases} 1, \text{ jika terdapat perjalanan dari titik } i \text{ ke } j \\ 0, \text{ jika tidak terdapat perjalanan dari titik } i \text{ ke } j \end{cases}$

c_{ij}^k biaya variabel yang melintasi titik $(i, j) \in A$, berdasarkan tipe KBM

m KBM yang digunakan

n pelanggan

D set dari pelanggan yang memiliki *demand* beragam dan perlu diangkut; $d \in D$

y_{ij}^{dk} jumlah dari tipe KBM (k) yang beroperasi berdasarkan permintaan (d) melalui titik (i, j)

Q_k kapasitas kendaraan berdasarkan tipe KBM $k \in K$

\in keanggotaan himpunan

\forall *universal quantification* atau ‘untuk semua’

2.3 Biaya Operasional

Untuk melakukan optimasi biaya dalam sebuah perusahaan, perlu melakukan identifikasi biaya yang terlibat dalam sebuah proses tersebut. Dengan mengetahui instrumen biaya

yang terlibat, perusahaan dapat lebih mudah untuk melakukan optimasi penggunaan biaya dengan berfokus mengoptimalkan kegiatan yang mengakibatkan penggunaan biaya secara berlebihan.

Biaya operasional pada transportasi yang digunakan pada proses distribusi terdiri dari biaya tetap dan juga biaya variabel (Rahman, 2012). Dalam biaya tetap ada hal yang menjadi pertimbangan seperti gaji pekerja, biaya investasi transportasi. Sedangkan untuk biaya variabel, komponen yang perlu diperhatikan adalah biaya bahan bakar yang mana penggunaannya sesuai dengan rute yang ditempuh, kemudian ada biaya perawatan kendaraan secara berkala (Chu & Hsu, 2019).

Dalam kasus distribusi, biaya yang terlibat dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu biaya tetap, biaya variabel, serta biaya semi variabel (Rahman, 2012).

a. Biaya Tetap

Biaya tetap atau *fixed cost* merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan dengan jumlah yang sama untuk setiap periode, tidak terpengaruh oleh kinerja dari aktivitas perusahaan yang sedang meningkat ataupun sedang sulit. Biaya yang masuk ke dalam *fixed cost* untuk proses distribusi adalah biaya penyusutan kendaraan dan gaji pekerja yang dibayarkan secara tetap setiap periodenya. Biaya penyusutan kendaraan dapat ditentukan dari usia pakai kendaraan harga investasi dan juga tipe kendaraan yang digunakan.

b. Biaya Variabel

Variable cost adalah biaya yang besarnya dipengaruhi dengan aktivitas perusahaan, jika kegiatan perusahaan meningkat maka biaya yang dikeluarkan pun akan berbanding lurus, begitupun sebaliknya. Untuk proses distribusi, biaya yang termasuk ke dalam biaya variabel adalah biaya pemakaian bahan bakar, penggunaan BBM akan meningkat sering bertambahnya jarak tempuh yang harus dilalui oleh kendaraan. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap meningkatnya biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan, dikarenakan frekuensi perawatan kendaraan akan meningkat sesuai dengan jarak yang telah ditempuh. Sehingga yang perlu diperhatikan dalam biaya variabel adalah biaya pemakaian BBM, harga BBM, dan juga biaya perawatan.

c. Biaya Semi Variabel

Biaya semi variabel merupakan biaya yang totalnya akan berubah sesuai dengan perubahan volume kegiatan yang terjadi dalam perusahaan dan akan berkurang

seiring dengan berkurangnya volume kegiatan yang terjadi di perusahaan. Namun, biasanya perubahannya tidak berbanding lurus dengan kenaikan atau penurunan yang terjadi. Jika dibuat satuan biaya semi variabel akan berbanding terbalik dengan volume kegiatan yang terjadi, apabila semakin rendah volume kegiatan di perusahaan maka semakin tinggi biaya yang akan dibebankan ke sebuah produk, namun semakin tinggi volume kegiatan yang terjadi di perusahaan maka biaya yang dibebankan kepada tiap unit produk akan semakin kecil, akan tetapi perubahan biaya yang diakibatkan tidak sebanding dengan perubahan yang ditimbulkan.

2.4 Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan ringkasan dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan lebih dahulu oleh penelitian lain. Hasil dan kesimpulan dari penelitian terdahulu kemudian dijadikan sebagai acuan dan digunakan sebagai panduan untuk melakukan penelitian yang lebih terbaru. Berikut merupakan ringkasan dari penelitian terdahulu yang sesuai dengan topik penelitian ini, yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|--------------------------|---|--|--|--|
| (Wahyudin, et al., 2019) | Penentuan Rute Distribusi <i>Spare Part</i> Kendaraan Bermotor Dalam Meminimalkan Biaya Transportasi | <i>Saving matrix</i> dan <i>nearest neighbor</i> | mencari rute pengiriman yang tepat dan optimal dan meminimalkan biaya transportasi. | Pada penelitian ini <i>saving matrix</i> digunakan untuk melakukan penggabungan dua atau lebih titik pelanggan yang harus dikunjungi dengan memperhatikan kapasitas kendaraan. Untuk membantu mengoptimalkan metode <i>saving matrix</i> , peneliti menggabungkan dengan <i>nearest neighbor</i> . Hasil penelitian yang didapatkan adalah peneliti dapat mengurangi total jarak tempuh kendaraan sebesar 22% menjadi 1690,9 km dan menghemat biaya transportasi sebesar 38% menjadi Rp28.494.021,- dengan 3 unit kendaraan yang bertugas. |
| (Suryani, et al., 2018) | Perbandingan Penerapan Metode <i>Nearest Neighbor</i> Dan <i>Insertion</i> Untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk Roti Pada UKM Hasan <i>Bakery</i> Samarinda | <i>Nearest neighbor</i> dan <i>insertion</i> | Menentukan rute optimal dengan membandingkan hasil perhitungan menggunakan <i>nearest neighbor</i> , <i>insertion</i> , dan rute awal. | Metode <i>nearest neighbor</i> akan dibandingkan dengan metode <i>insertion</i> untuk menentukan rute yang optimal. Hasil rute yang didapatkan dengan metode <i>nearest neighbor</i> adalah sejauh 59,2 km dengan penghematan 10,3% dari rute awal. Sedangkan hasil perhitungan menggunakan metode <i>insertion</i> adalah sebesar 51,3 km dengan penghematan rute 22,27% dengan panjang rute awal adalah 66 km. Cara kerja metode <i>insertion</i> adalah dengan menyisipkan rute dalam tur jalur distribusi untuk |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|-------------------------|--|--|--|---|
| (Balaji, et al., 2019) | <i>An Application Of Analytical Hierarchy Process In Vehicle Routing Problem</i> | Algoritma <i>Clarke and Wright's</i> dan <i>Analytic Hierarchy Process</i> sebagai <i>multi criteria decision making</i> | Mencari rute perjalanan yang lebih pendek dari rute sebelumnya. Melakukan perbandingan kepuasan pelanggan terhadap rute yang lama dan yang baru. | mendapatkan rute yang lebih pendek. Sedangkan <i>nearest neighbor</i> dengan melakukan pemilihan titik selanjutnya dengan lokasi yang terdekat dari kendaraan distribusi. Pada penelitian ini, pencarian rute optimal menggunakan metode <i>clarke and wright's</i> untuk melakukan <i>clustering</i> pelanggan, kemudian melakukan pembobotan kepentingan pelanggan menggunakan AHP. Pemilihan urutan pelanggan yang dilayani berdasarkan nilai prioritas tertinggi. Untuk kepuasan pelanggan dilakukan <i>survey</i> dengan beberapa level dari <i>highly dissatisfied</i> , <i>dissatisfied</i> , <i>neutral</i> , <i>satisfied</i> , dan <i>highly satisfied</i> . Hasil penelitian menggunakan metode tersebut dapat mengurangi rute distribusi dari 1518 Km menjadi 1306 Km. Kepuasan pelanggan juga meningkat untuk rute baru dibandingkan rute lama sebanyak 12/20 dari 7/20 pelanggan merasakan <i>satisfied</i> dan <i>highly satisfied</i> . |
| (Sumiati, et al., 2021) | <i>Determining Distribution Vehicle Routes to Reduce</i> | <i>Insertion method</i> | Menentukan rute distribusi dengan jarak yang lebih | Pada penelitian ini metode <i>insertion method</i> digunakan karena dalam proses pengerjaannya melakukan penyisipan pada rute yang dibentuk untuk menghemat |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|------------------------------------|---|---|---|---|
| | <i>Distribution Cost Using Sequential Insertion Method at PT XYZ</i> | | pendek, waktu pengiriman yang singkat dan dapat melakukan penghematan biaya distribusi. | jarak tempuh yang ada. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan oleh peneliti, rute optimal yang didapatkan adalah 227,8 km dengan penghematan jarak sebanyak 28,2 km, waktu tempuh yang dibutuhkan adalah 15,9 jam dengan biaya yang dikeluarkan untuk distribusi Rp145.792,- per minggu atau 11% lebih rendah dari rute yang sudah ada. |
| (Kunnapapdeelert & Thawnern, 2021) | <i>Capacitated Vehicle Routing Problem for Thailand's Steel Industry via Saving Algorithm</i> | <i>Clarke and Wright's Saving Algorithm</i> | Meningkatkan efisiensi dalam proses distribusi. | Metode <i>saving algorithm</i> yang dipopulerkan oleh <i>clarke and wright's</i> metode penentuan rute dengan memperhatikan kapasitas kendaraan dan jarak antar node, sehingga peneliti dapat menentukan atau menggabungkan kedua node menjadi satu rute perjalanan dengan jarak paling rendah itu yang terpilih sebagai satu rute. Pada penelitian ini didapat 8,09% peningkatan optimasi rute yaitu 784,48 km dari rute yang sudah ada 853,53 km. Dengan terdapat 5 rute penugasan. |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|------------------------|---|---------------------------------|--|---|
| (Hidayat, 2019) | Usulan Rute Distribusi Produk Dengan Menggunakan Metode Algoritma <i>Clarke And Wright Saving</i> Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Pada IKM Nugraha Di Kecamatan Cihaurbeuti | <i>Clarke And Wright Saving</i> | Mengetahui rute yang digunakan pada IKM Nugraha dan mengetahui rute usulan yang dapat meminimalkan biaya distribusi. | Peneliti memilih metode <i>clarke and wright</i> untuk membantu menentukan rute optimal pada IKM Nugraha. Untuk rute pengiriman yang sudah diberlakukan pada UKM nugraha pengiriman dilakukan setiap hari selama 20 hari ke 5 toko dengan total jarak yang ditempuh sejauh 6328 km, BBM yang dihabiskan 734 liter, dengan biaya yang dikeluarkan Rp4.602.787,- dan dilakukan pembuatan rute usulan menggunakan metode yang dipilih dengan 12 pengantaran untuk 20 hari dengan jarak 4011 km dan 538,69 liter BBM yang dihabiskan, serta biaya yang dikeluarkan Rp2.974.378,- . Hal ini memungkinkan karena kebijakan distribusi yang dalam pengantarannya dapat digabung dengan pelanggan lain. |
| (Hanafi, et al., 2019) | <i>Distribution Route Optimization Of A Sweep Capacitated Vehicle Routing Problem By Sweep Algorithm</i> | Algoritma <i>Sweep</i> | Mencari rute distribusi yang optimal yang dapat meminimalkan penggunaan | Algoritma digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan optimasi jalur distribusi dengan melakukan pengelompokan. Hasil penelitian yang didapatkan adalah terdapat 9 kendaraan yang ditugaskan untuk melayani 24 pelanggan dengan total jarak yang |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|---------------------------|---|-------------------|--|---|
| | | | kendaraan dan rute yang harus ditempuh. | ditempuh adalah 142,8 km. Hasil penelitian ini memberikan usulan rute yang lebih baik dari yang sebelumnya yaitu untuk melayani 24 pelanggan perusahaan mengerahkan 14 kendaraan dengan jarak tempuh 255,8 km. |
| (Mittal, et al., 2017) | <i>Solving VRP in an Indian Transportation Firm through Clarke and Wright Algorithm: A Case Study</i> | Clarke and Wright | Mengoptimalkan rute yang ditempuh kendaraan dan meminimalkan biaya yang dikeluarkan. | Persoalan yang dihadapi oleh perusahaan adalah setiap kendaraan hanya melayani satu pelanggan, dengan begitu jarak tempuh dan biaya yang dikeluarkan sangat tinggi. Dengan menggunakan metode <i>clarke and wright</i> perusahaan dapat memperbaiki rute dengan memperpendek jarak tempuh dari 5520 km/minggu menjadi 34490 km, dan biaya yang harus dikeluarkan pun berkurang menjadi Rs49680,-/minggu menjadi Rs34.490,-. |
| (Prasetyo & Tamyiz, 2017) | <i>Vehicle Routing Problem Dengan Metode Nearest Neighbor</i> | Nearest Neighbor | Mengevaluasi performansi dari rute yang ada dan memberikan usulan | Jarak yang ditempuh oleh armada pengiriman dapat dihemat sebesar 26,59% yaitu 538,2 km, dari 2.024 km menjadi 1.486 km. Waktu yang dapat direduksi selama 9,37 jam atau 19,07% dari 49,13 jam menjadi 39,76 jam. Biaya bahan bakar dapat dihemat |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|------------------------------|--|-----------------------|--|---|
| | | | untuk perbaikan rute yang ada. | 26,59% dari Rp1.517.850,-. Dari hasil tersebut dapat dijadikan acuan atau rekomendasi bagi perusahaan untuk mengadopsi rute baru. |
| (Putrafi & Sahari, 2020) | Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i> Untuk Efisiensi Rute Pendistribusian Produk Minuman Teh Pucuk Harum Menggunakan Metode <i>Saving Matriks</i> Studi Kasus PT Cipta Niaga Semesta Palu | <i>Saving Matriks</i> | Menentukan rute yang lebih efisien dalam melakukan distribusi serta mengetahui biaya yang dikeluarkan. | Rute yang digunakan oleh perusahaan adalah 8 rute, dan dihemat menjadi 5 rute. Jarak tempuh kendaraan jadi sejauh 246,1 km menjadi 139,7 km atau penghematan sebesar 43,21%. Biaya yang dapat dihemat sebesar 33,8% dari Rp16.817.040,- per Okt 2018 - Mar 2019 menjadi Rp11.129.400,- per Okt 2018 – Mar 2019. |
| (Aisyah & Ahyaningsih, 2019) | Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i> Dengan Menggunakan Algoritma <i>Tabu</i> | <i>Tabu Search</i> | Meningkatkan keuntungan dengan menentukan jarak, waktu tempuh, dan biaya transportasi. | Jarak yang dilalui oleh kendaraan distribusi terdapat pengurangan jarak tempuh sebanyak 3,64 km/hari menjadi 66,91 km atau turun 5,1%. Kemudian waktu distribusi yang menggunakan metode <i>tabu search</i> dapat menghemat waktu distribusi sebanyak 17 menit/hari |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|---------------------------|---|--|---|--|
| (Pramudita, 2019) | <i>Search</i> Untuk Menentukan Rute Distribusi Yang Optimal (Studi Kasus di PT Expravet Nasuba) | | | dengan persentase penurunan 4,7% dari rute yang sudah dimiliki oleh perusahaan. Sedangkan untuk biaya transportasi yang dikeluarkan setiap bulannya terjadi penurunan 2,2% yaitu dari Rp6.900.000,-/bln menjadi Rp.6.745.216,16-/bln. Atau selisih Rp154.783,84-/bln. |
| | Usulan Rute Distribusi Sebagai Upaya Mencapai Keunggulan Kompetitif Melalui Efisiensi Biaya Transportasi PT Pos Indonesia | <i>Nearest Neighbor, Saving matrix</i> | Menentukan rute distribusi untuk meminimalkan biaya transportasi. | Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan penghematan rute sebesar 39,23% dari target sebelumnya 10% sehingga jika rute usulan diterapkan biaya yang dikeluarkan untuk BBM hanya sebesar Rp39.955.287,- dari yang sebelumnya sebesar Rp65.750.000,-. Waktu distribusi yang diperlukan hanya 4 jam 43 menit, dengan jam kerja yang diberikan sebelumnya 7,5 jam/hari. Sehingga biaya tenaga kerja dapat dihemat sebesar Rp18.000.000,-/thn. |
| (Martono & Warnars, 2020) | Penentuan Rute Pengiriman Barang Dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i> | <i>Nearest Neighbor</i> | Menentukan rute terbaik untuk melakukan distribusi. | Jumlah rute yang sudah ditentukan menggunakan metode <i>nearest neighbor</i> dari 5 rute yang ada menjadi 4 rute distribusi. Total jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan distribusi sejauh 94,61 km dari yang |

| Penulis, thn | Judul | Metode | Luaran | Hasil Penelitian |
|-------------------------------|--|--------------------|--|---|
| (Daanish & Naick, 2017) | <i>Implementation of Nearest Charging Station Neighbor Based Electric Vehicle Routing Problem Using Nearest Neighbour Search Algorithm</i> | | Menentukan rute yang terbaik untuk kendaraan listrik menemukan depot pengisian daya ulang dengan efisiensi energi. | sebelumnya 124,2 km, atau terdapat pengurangan jarak tempuh sebesar 20,6% yaitu sebesar 25,6 km. Metode <i>nearest neighbor</i> yang digunakan dalam melakukan perencanaan rute yang terbaik untuk menuju titik pengisian ulang daya. Dari simulasi yang sudah dilakukan dengan memperhatikan <i>charging station</i> . Sehingga algoritma <i>nearest neighbor</i> terbukti dapat memberikan nilai yang lebih baik, dinamis dan ekonomis. Sehingga metode tersebut dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan permasalahan yang lebih <i>real-time</i> . |
| (Rasyid & Rochmoeljati, 2020) | Penentuan Rute Distribusi Produk <i>Sparepart</i> Menggunakan Metode Tabu Search di PT XYZ | <i>Tabu Search</i> | Menentukan rute terpendek dan penggunaan fasilitas kendaraan tanpa memakan waktu | Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan algoritma <i>tabu search</i> , rute distribusi <i>spare part</i> menghasilkan jarak terpendek untuk kendaraan 1 sejauh 240,6 km dari rute sebelumnya sejauh 292,06 km lebih hemat 17,61%, sedangkan untuk kendaraan distribusi yang kedua dari 290,7 km menjadi 220,76 km atau 24,05% lebih rendah. Dengan pemakaian kapasitas kendaraan distribusi sebesar 2.227,5 kg. |

| | Penulis |
|---|--|
| Nearest Neighbor Sweep Algorithm Saving Matrix Insertion Tabu Search Clarke and Wright Local Search | (Wahyudin, et al., 2019) (Suryani, et al., 2018) (Balaji, et al., 2019) (Sumiati, et al., 2021) (Kunnapapdeelert & Thawnern, 2021) (Hidayat, 2019) (Hanafi, et al., 2019) (Mittal, et al., 2017) (Prasetyo & Tamyiz, 2017) (Putrafi & Sahari, 2020) (Aisyah & Ahyaningsih, 2019) (Pramudita, 2019) (Martono & Warnars, 2020) (Daanish & Naick, 2017) (Rasyid & Rochmoeljati, 2020) Penulis (2022) |

Berdasarkan pemetaan terhadap penelitian yang sudah dilakukan terlebih dahulu, banyak penelitian menggunakan metode optimasi untuk mengoptimalkan rute perjalanan dan juga untuk meminimalkan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan distribusi. Hasil dari penelitian terdahulu banyak menyimpulkan bahwa penghematan biaya distribusi berbanding lurus dengan berkurangnya jumlah jarak yang harus ditempuh kendaraan untuk melakukan distribusi, hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat biaya variabel yang bergantung terhadap jarak tempuh.

Pemilihan metode optimasi yang digunakan bergantung dengan ketersediaan data dan juga kondisi perusahaan tersebut. Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan dua kombinasi metode untuk menentukan rute yang lebih baik dari yang sebelumnya, hal tersebut dilakukan peneliti karena menggabungkan dua metode optimasi dan memberikan hasil yang lebih baik daripada satu metode. Namun seluruh metode yang digunakan dalam penelitian memiliki tujuan yaitu untuk memperbaiki atau mengoptimalkan rute tempuh kendaraan yang sudah ada. Kemudian, salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam optimasi jalur distribusi adalah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan. Banyak yang melakukan penelitian terhadap optimasi rute distribusi namun tidak jarang disandingkan dengan level kepuasan pelanggan. Peneliti juga perlu melakukan penelitian dengan menyandingkan metode optimasi dengan biaya yang dikeluarkan, hal ini perlu dilakukan karena sesuai dengan tujuan perusahaan yaitu untuk mendapatkan untung sebanyak-banyaknya, sehingga penghematan biaya sedikit saja sangat berarti bagi perusahaan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian dengan menggabungkan dua metode optimasi yaitu *nearest neighbor* untuk membentuk rute usulan awal dengan memberikan prioritas kepada titik yang terdekat dari lokasi terakhir kendaraan, kemudian menggunakan metode *local search* sebagai metode perbaikan dari hasil metode sebelumnya dengan mengganti titik kunjungan untuk menghasilkan rute yang terpendek, hasil dari kombinasi dua metode ini dapat dijadikan sebagai rute usulan akhir. Analisis biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam proses distribusi juga dilakukan dalam penelitian ini, guna mengetahui apakah rute yang diusulkan dapat memberikan penghematan biaya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Madubaru yang berada di desa Padokan Tirtonirmolo, Kec. Kasihan, Kab. Bantul, DI Yogyakarta. Objek dalam penelitian ini adalah pada proses distribusi produk gula dari perusahaan ke pelanggan sesuai dengan permintaan pelanggan, dan berfokus pada menentukan jalur distribusi produk gula yang diproduksi oleh perusahaan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data pada penelitian ini, penulis perlu memperhatikan jenis data yang digunakan, hal ini akan memudahkan pada pengambilan data. Ada dua jenis data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini, yaitu data primer dan sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh penulis secara langsung atau dikumpulkan melalui pihak pertama. Data primer biasanya diperoleh melalui observasi dan wawancara.

a. Observasi

Observasi merupakan pengambilan data dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek penelitian dan agar dapat melihat kondisi objek yang benar-benar terjadi di lapangan. Oleh karena itu, peneliti melakukan observasi di PT Madubaru pada bagian pemasaran yang menangani proses distribusi gula, dan mencari data yang dibutuhkan seperti jenis kendaraan yang digunakan, kebijakan distribusi dan lain-lain.

b. Wawancara

Wawancara merupakan pencarian atau menggali data dengan menggunakan sistem tanya jawab, biasanya wawancara hanya bersifat dua arah yaitu penanya dan narasumber. Wawancara sering dilakukan kepada orang yang dianggap *expert* atau orang yang ahli di bidangnya sehingga dapat memberikan jawaban yang

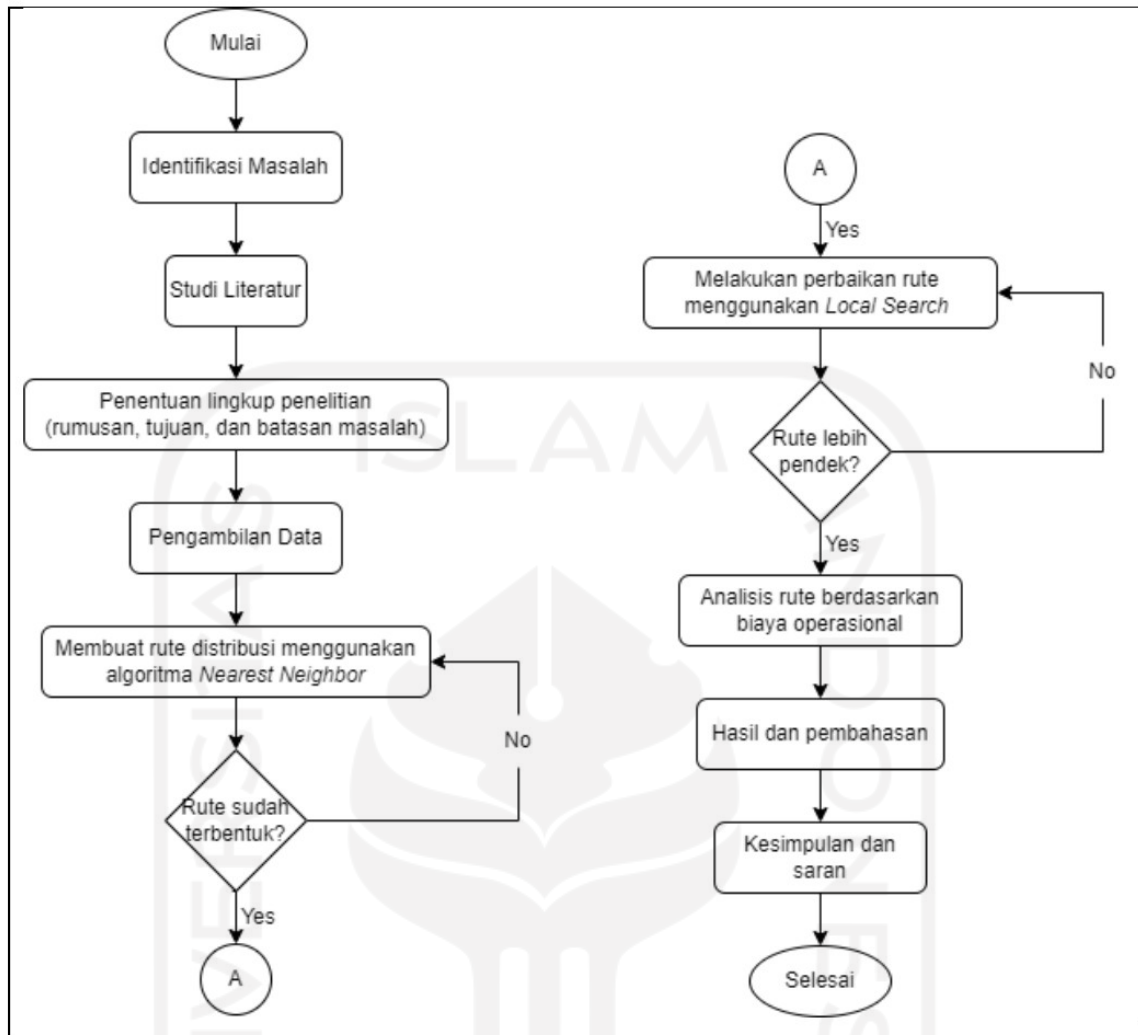
sesuai. Peneliti melakukan wawancara kepada kepala bagian pemasaran, *driver* transportasi, dan juga kepala bagian kendaraan, serta kepala bagian akuntansi untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini seperti data pelanggan, jumlah permintaan, kapasitas kendaraan, dan biaya perawatan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapat melalui media perantara yang secara tidak langsung, seperti buku, catatan, laporan penelitian sebelumnya yang mana telah dikumpulkan terlebih dahulu dari pihak ketiga. Data sekunder yang digunakan berasal dari penelitian sebelumnya yaitu jurnal, *paper*, dan juga buku sebagai acuan pendukung dalam melakukan penelitian. Selain sebagai acuan dasar penelitian, data sekunder juga dapat digunakan sebagai data pendukung seperti harga BBM, harga investasi kendaraan, dan juga gaji karyawan, serta jarak antar pelanggan.

3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian ditampilkan dalam diagram bertujuan untuk mempermudah dalam memahami alur penelitian yang dilakukan dan lebih terstruktur. Berikut merupakan alur penelitian yang ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1. alur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan identifikasi awal permasalahan yang terjadi pada bagian pemasaran khususnya pada proses distribusi produk gula di PT Madubaru. Proses ini dilakukan dengan observasi langsung pada bagian terkait.

2. Studi literatur

Tahap berikutnya merupakan studi literatur yang mana tujuan dari studi literatur merupakan mempelajari dan mencari informasi mengenai permasalahan yang didapat dari observasi sebelumnya, yaitu penentuan rute distribusi produk gula, dan akan dilakukan pemecahan masalah dengan menggunakan metode yang sesuai. Studi literatur juga bertujuan untuk mempelajari dan mendalami metode yang digunakan

dalam penyelesaian masalah yang ada, sumber dalam melakukan studi literatur dapat berupa dari buku, jurnal, ataupun berupa laporan dari penelitian sebelumnya.

3. Penentuan lingkup penelitian

Langkah berikutnya adalah menentukan rumusan masalah dari identifikasi masalah yang sudah dilakukan sebelumnya dan selanjutnya akan dijadikan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Namun, peneliti juga harus membuat batasan masalah untuk mencegah penelitian yang tidak terfokus dan melebar, sehingga hal ini sangat diperlukan dalam penelitian untuk lebih terfokus.

4. Pengambilan data

Pengumpulan data merupakan langkah selanjutnya yang dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini. Pengambilan data dilakukan dengan observasi secara langsung ke lapangan, dan juga wawancara kepada *expert* yang menguasai tentang permasalahan yang ada. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data pelanggan dan jumlah permintaan atau *demand*, jarak tempuh antara pelanggan dan perusahaan, kapasitas, jenis, jumlah, biaya perawatan, dan biaya investasi kendaraan, gaji karyawan, pemakaian dan harga BBM.

5. Pembuatan rute atau pengolahan data

Pembuatan rute merupakan tahapan dalam pengolahan data. Dalam proses ini, pembuatan rute menggunakan algoritma *nearest neighbor* dengan memperhatikan jumlah permintaan pelanggan, jarak, dan juga kapasitas kendaraan. Pelanggan yang belum pernah dikunjungi serta memiliki jarak terdekat dari posisi terakhir kendaraan berada menjadi prioritas dalam algoritma ini.

a. Membuat rute distribusi yang dapat meminimalkan rute dan biaya distribusi pada PT Madubaru menggunakan *Nearest Neighbor*

1. Memasukan semua data yang dibutuhkan yaitu (D_i) , (S_i) , dan (Q_{max}) .
2. Inisiasi rute awal.
3. Menentukan titik awal.
4. Menentukan kapasitas maksimum kendaraan.
5. Mencari titik terdekat dari titik terakhir kendaraan.
6. Apabila kapasitas kendaraan yang sudah terisi dijumlahkan dengan *demand* titik selanjutnya adalah lebih dari kapasitas max $(D_i > Q_{max})$ lanjutkan ke langkah 8, jika tidak ke langkah 7.
7. Menghitung nilai Q yang tersisa.

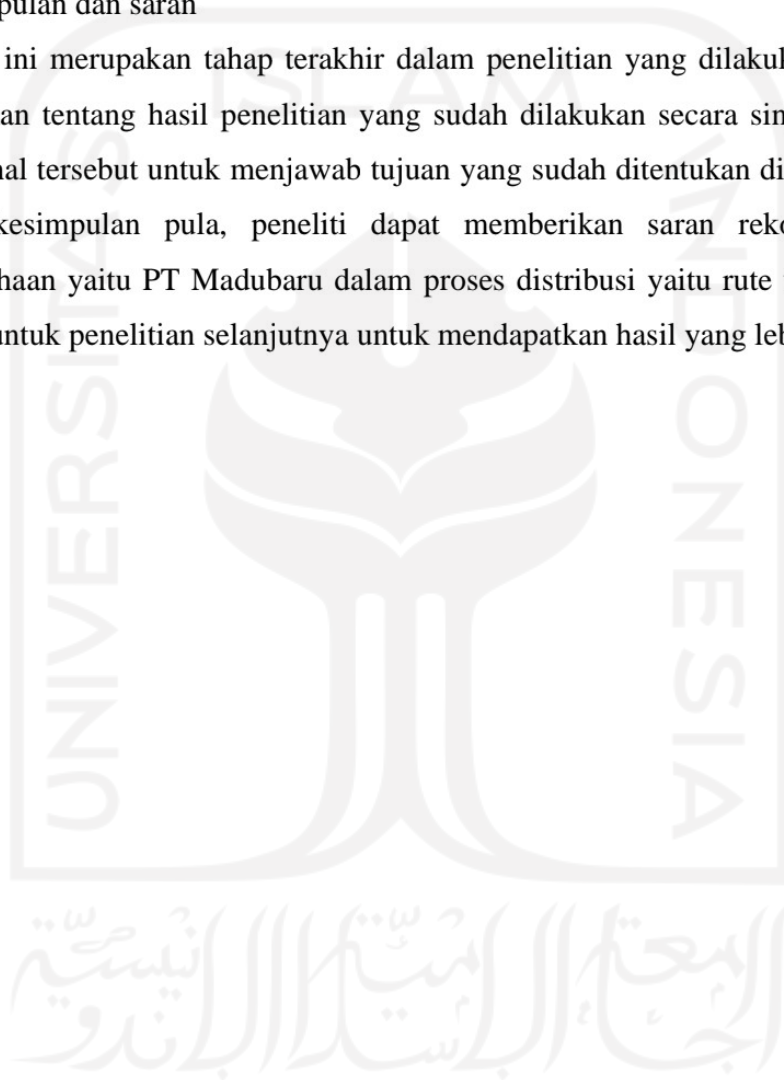
8. Jika permintaan semua pelanggan adalah 0 ($D_i = 0$) maka lanjut ke langkah 10, jika tidak lanjut ke langkah selanjutnya.
 9. Buat tur baru, kembali ke langkah 5.
 10. Buat rute baru, kembali ke langkah 3.
 11. Apabila semua pelanggan telah dilayani, lanjutkan ke langkah selanjutnya, jika tidak kembali ke langkah 5.
 12. Rute dan tur distribusi sudah terbentuk, prosedur *nearest neighbor* selesai.
- b. Memperbaiki rute yang sudah ditentukan sebelumnya menggunakan metode *Local Search*
1. Input data yang dibutuhkan (S_0), (D_i), (S_i), dan (Q_{max}).
 2. Inisiasi rute awal.
 3. Melakukan proses *1-insertation intrra route*, lanjutkan langkah ke 4. Jika semua rute yang ada sudah selesai dicari, tandai tur dan lanjutkan langkah ke 6.
 4. Menghitung total jarak yang ditempuh kendaraan pada rute baru, jika total rute lebih kecil dari rute sebelumnya maka lanjutkan ke langkah selanjutnya, jika tidak kembali ke langkah 3.
 5. Pilih rute baru sebagai pengganti rute sebelumnya yang sudah ditentukan, kembali ke langkah 3.
 6. jika semua tur sudah dicari dan ditandai, lanjutkan langkah ke 8, jika tidak lanjutkan langkah selanjutnya yaitu 7.
 7. Hitung i , $i = i+1$. Kemudian kembali ke langkah 3.
 8. Rute dan tur distribusi sudah terbentuk, Prosedur *local search* menggunakan *1-insertion intra route* selesai.
6. Perbaiki rute
- Setelah rute baru telah terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan rute menggunakan metode *local search* dengan melakukan penukaran titik pengantaran. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan jarak pengantaran yang lebih pendek dari rute baru, dan dijadikan sebagai rute usulan.
7. Analisis biaya operasional
- Setelah rute usulan terbentuk, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya operasional yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam proses distribusi dengan mempertimbangkan biaya tetap dan variabel.

8. Hasil dan pembahasan

Pada tahap ini, dilakukan penjabaran dan penjelasan mengenai hasil pengolahan data yang sudah dilakukan. Analisis serta pembahasan dilakukan untuk mengetahui luaran yang didapat, sehingga dapat diketahui apakah rute usulan lebih baik dari rute yang sudah ada atau sebaliknya. Analisis dilakukan secara menyeluruh dari total jarak yang ditempuh, hingga biaya operasional yang dikeluarkan.

9. Kesimpulan dan saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam penelitian yang dilakukan. Kesimpulan berisikan tentang hasil penelitian yang sudah dilakukan secara singkat, padat, dan jelas, hal tersebut untuk menjawab tujuan yang sudah ditentukan di awal penelitian. Dari kesimpulan pula, peneliti dapat memberikan saran rekomendasi untuk perusahaan yaitu PT Madubaru dalam proses distribusi yaitu rute usulan, dan juga saran untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil Perusahaan

Profil perusahaan merupakan penjelasan suatu perusahaan secara singkat mengenai lokasi perusahaan, visi dan misi, struktur organisasi, dan juga produk yang dihasilkan, serta jam kerja. Profil perusahaan PT Madubaru dijelaskan sebagai berikut.

4.1.1 Deskripsi Perusahaan

PT Madubaru merupakan perusahaan yang bergerak di bidang agro industri yang mana dalam kegiatannya memanfaatkan hasil pertanian sebagai bahan baku, yaitu tebu sebagai bahan baku utama dalam pembuatan gula dan juga beberapa produk lainnya seperti spiritus dan alkohol serta produk baru mereka yaitu *handsanitizer*. Dari beberapa macam produk yang mereka olah, PT Madubaru memiliki dua pabrik, yaitu Pabrik Gula (PG Madukismo) dan juga Pabrik Spiritus (PS Madukismo).

PT Madubaru didirikan pada tahun 1955 oleh Sri Sultan Hamengkubuwono IX selaku Sultan Yogyakarta dan diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia yang pertama yaitu Ir. Soekarno serta beroperasi di tahun yang sama. PT Madubaru didirikan untuk menggantikan Pabrik Gula Padokan yang hancur akibat perang dan juga bertujuan untuk menjaga pasokan gula di dalam negeri. Sedangkan untuk pembagian kepemilikan saham perusahaan, Sri Sultan Hamengkubuwono X memegang saham sebesar 65% dan menjadikannya sebagai pemegang saham mayoritas (pengendali) dan sisanya dipegang oleh perusahaan BUMN yaitu PT Rajawali Nusantara Indonesia (Persero) atau disingkat RNI dan sering kali dikenal sebagai ID FOOD yaitu sebesar 35%.

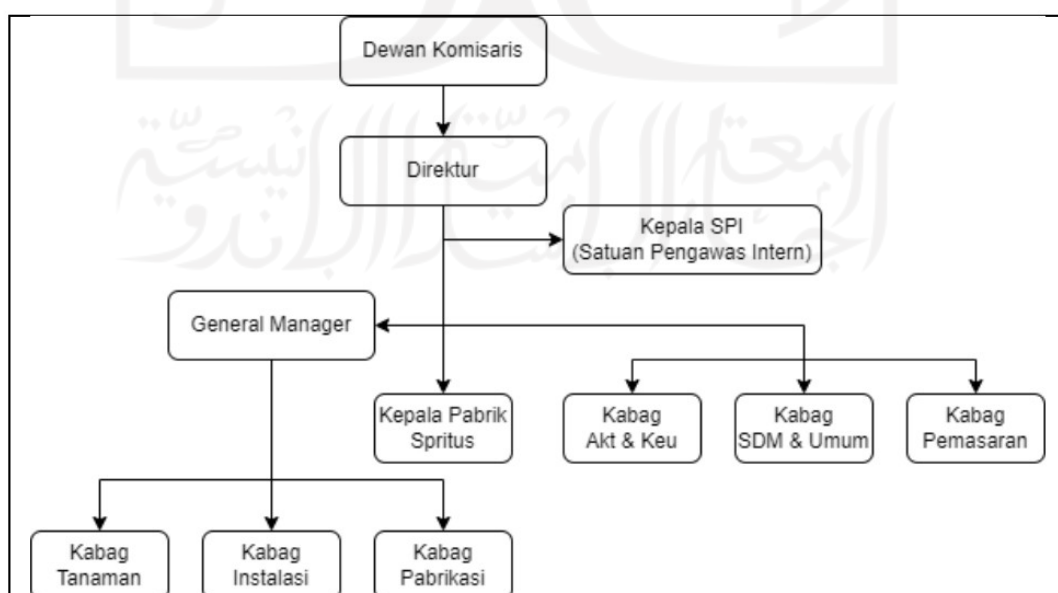
4.1.2 Visi dan Misi

Visi merupakan kalimat yang berisikan tentang impian atau cita-cita sebuah perusahaan, visi juga dapat disebut sebagai tujuan sebuah perusahaan. Sedangkan misi merupakan tahapan yang harus dilakukan sebuah perusahaan untuk mencapai visi yang sudah ditetapkan sebelumnya. Berikut merupakan visi dan misi dari PT Madubaru:

- Visi:
“Menjadi Perusahaan Agro Industri yang Unggul di Indonesia dengan Petani sebagai Mitra Sejati”
- Misi:
 - Menghasilkan gula dan etanol yang berkualitas untuk memenuhi permintaan masyarakat dan industri di Indonesia.
 - Menghasilkan produk dengan memanfaatkan teknologi maju yang ramah lingkungan, dikelola secara profesional dan inovatif, memberikan pelayanan yang prima kepada pelanggan serta mengutamakan kemitraan petani.
 - Mengembangkan produk atau bisnis baru yang mendukung bisnis ini.
 - Menempatkan karyawan dan *stakeholders* sebagai bagian terpenting dalam proses penciptaan keunggulan perusahaan dan pencapaian *shareholder values*.

4.1.3 Struktur Organisasi

PT Madubaru memiliki struktur organisasi yang memiliki hubungan kerja antar bagian yang satu dengan yang lainnya, serta memiliki hak dan kewajiban yang berbeda-beda untuk setiap bagiannya. Struktur organisasi dibuat bertujuan untuk mempertegas kedudukan suatu bagian dalam menjalankan tugas sehingga mempermudah untuk mencapai tujuan dari organisasi yang telah ditetapkan. Adapun bagan struktur organisasi dari PT Madubaru seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Struktur Organisasi PT Madubaru
(Sumber: PT Madubaru)

Adapun hak dan kewajiban dari setiap tingkatan atau posisi yang diemban adalah sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris mengemban tugas untuk mengawasi perusahaan dan mengambil keputusan operasional perusahaan. Dewan komisaris juga memiliki hak untuk melihat pembukuan atau laporan keuangan perusahaan.

2. Direktur

Tanggung jawab yang dimiliki oleh direktur adalah pada RUPS atau Rapat Umum Pemegang Saham, dan menjalankan hasil RUPS yang sudah disetujui oleh para pemegang saham, melakukan evaluasi terhadap kinerja yang sudah dilakukan, dan juga membuat kebijakan guna meningkatkan kinerja perusahaan.

3. *General manager*

Tugas yang dimiliki *general manager* adalah bertanggung jawab dalam produksi perusahaan dari mengelola hingga melaksanakan kebijakan untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitas produksi. membuat strategi dan menyusun kebijakan untuk mencapai tujuan perusahaan dan laporan anggaran tahunan yang akan diusulkan kepada pemegang saham pada RUPS merupakan tugas yang harus diemban juga oleh *general manager*.

4. Kepala SPI (Satuan Pengawas Intern)

Kepala SPI atau Satuan Pengawas Intern memiliki tugas untuk melakukan pengawasan perusahaan melalui kegiatan audit, konsultasi dan pembinaan semua kegiatan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui efisiensi perusahaan. Melakukan audit investigasi terhadap aspek yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

5. Kepala Bagian Akuntansi & Keuangan

Kepala bagian akuntansi & Keuangan yang sering disebut dengan Kabag Adkeu memiliki tanggung jawab untuk mengelola serta menjalankan kebijakan yang ada. Perhitungan gaji, tunjangan, serta hak penerimaan sosial karyawan juga merupakan hal yang dilakukan di bagian ini.

6. Kepala Bagian SDM & Umum

Tugas yang dimiliki oleh kepala bagian SDM (Sumber Daya Manusia) dan Umum adalah mengelola dan menjalankan kebijakan dari *general manager*, personalia, bertanggung jawab terhadap tenaga kerja yang ada seperti *upgrading* atau pelatihan

pegawai, dan semua kegiatan pengelolaan tenaga kerja. Magang dan penelitian ditangani oleh bagian ini.

7. Kepala Bagian Pemasaran

Tanggungjawab yang dimiliki oleh kepala bagian pemasaran adalah mengelola dan melaksanakan kebijakan mengenai penjualan produk yang sudah diproduksi oleh PT Madubaru. Melakukan koordinasi dalam penjualan dan pembelian produk di perusahaan.

8. Kepala Bagian Tanaman

Tugas yang diemban oleh kepala bagian tanaman adalah melakukan perencanaan dan pelaksanaan penanaman bibit tebu, membantu *general manager* dalam menetapkan komposisi jenis tebu, jadwal penanaman, panen dan juga penggilingan tebu.

9. Kepala Bagian Instalasi

Kepala bagian instalasi memiliki tanggung jawab untuk mengelola dan melaksanakan kebijakan pada pengadaan listrik yang digunakan pada pabrik, perumahan, kantor, dan juga kompleks pabrik. Kemudian bekerjasama dengan kepala bagian tanaman untuk melakukan reparasi remise (lori dan loko), pompa air dan traktor.

10. Kepala Bagian Pabrikasi

Tanggung jawab yang dimiliki oleh kepala bagian pabrikasi adalah melaksanakan kebijakan untuk melakukan pengolahan produk dari bahan mentah menjadi produk jadi, dan juga memiliki tugas untuk menjaga kualitas produk yang diolah serta penimbangan dan pembungkusan gula, dan pengendalian produksi untuk memenuhi target produksi.

11. Kepala Pabrik Spiritus

Fungsi kepala bagian spiritus adalah melakukan rencana produksi alkohol dan spiritus, mengawasi mutu, dan mengendalikan produk untuk memenuhi target produksi.

4.1.4 Lokasi Perusahaan

PT Madubaru didirikan di jalan Padokan, Rogocolo, di desa Tirtonirmolo, Kec. Kasihan, Kab. Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. PT madubaru didirikan di atas lahan yang dulunya merupakan bekas Pabrik Gula Padokan yang hancur akibat perang, pembangunan Pabrik Gula Madubaru diusulkan oleh Sri Sultan Hamengkubuwono IX

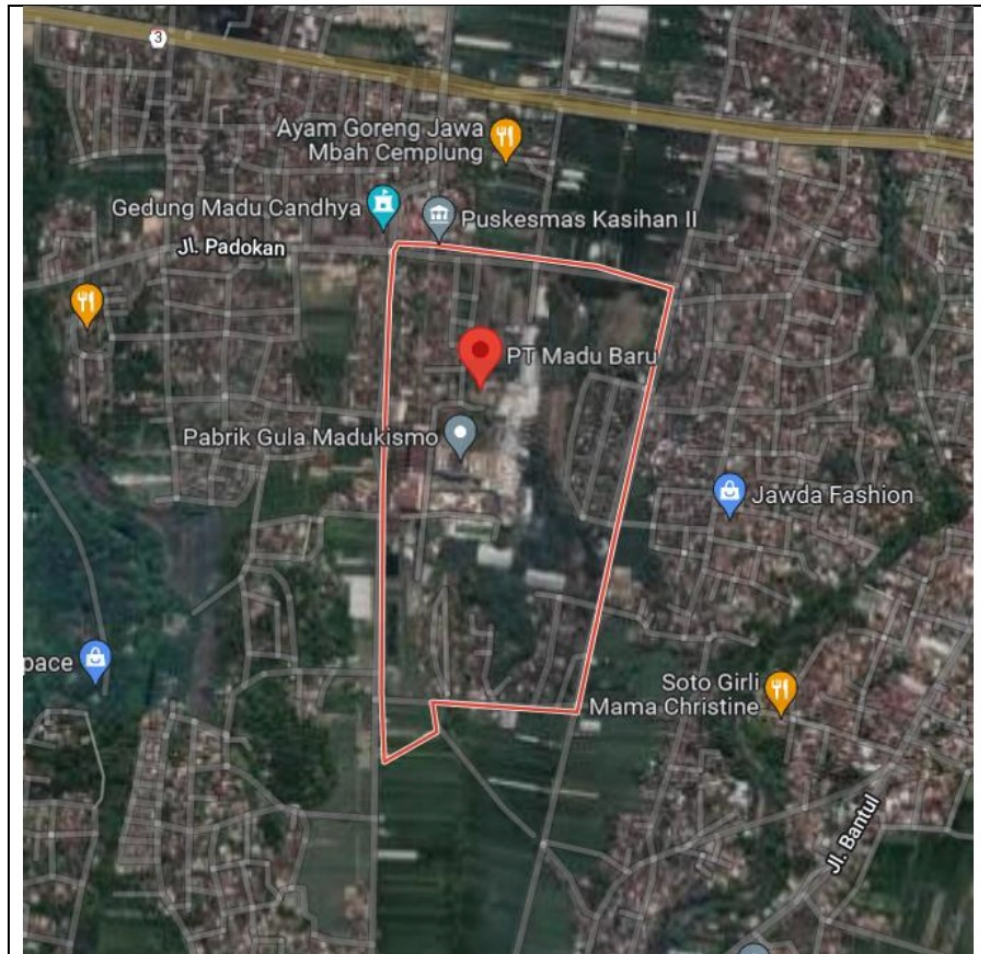
dalam upaya untuk menjaga persediaan gula di dalam negeri. Untuk lokasi PT Madubaru dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.

Luas lahan yang digunakan sebagai sumberdaya adalah sebagai berikut:

- a. Luas pabrik : 30 ha untuk kantor dan pabrik pengolahan
- b. Luas lahan perkebunan : - 314 ha lahan binaan atau kerja sama usaha
 - 1.900 ha lahan kemitraan
 - 4.500 ha lahan petani mandiri



Gambar 4.2. Lokasi PT Madubaru Berdasarkan Peta DIY
(Sumber: Google)



Gambar 4.3. Letak Geografis PT Madubaru
(Sumber: *Google Maps*)

4.1.5 Produk

PT Madubaru merupakan sebuah perusahaan dan tentunya terdapat produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Produk utama yang dihasilkan oleh PT Madubaru adalah gula pasir dengan kualitas tinggi yaitu kualitas *Superior Head Sugar* (SHS) atau di Indonesia sering disebut sebagai Gula Kristal Putih (GKP). Untuk menjamin kualitas dan mutu yang dihasilkan, produk gula dari PT Madubaru diawasi ketat oleh Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Sedangkan untuk produk spiritus dan alkohol merupakan produk yang mengandung alkohol dengan kadar secara berturut-turut adalah 94% dan 95%. Untuk tetap menjaga kualitas dan mutu, Balai Penelitian Kimia Departemen Perindustrian dan PT Sucoffindo Indonesia ditunjuk sebagai lembaga yang memantau untuk produk ini. Merek dagang yang digunakan PT Madubaru untuk produk gula mereka adalah “MK” yang merupakan singkatan dari Madukismo.

4.1.6 Jam Kerja Perusahaan

PT Madubaru menerapkan sistem kerja yaitu, dalam satu minggu terdapat 6 hari kerja dan satu hari libur yaitu pada hari minggu, selain hari libur nasional dan hari besar. Sedangkan untuk jam kerja berlaku untuk karyawan yang tidak terlibat langsung dalam kegiatan penggilingan tebu pada saat produksi penggilingan tebu. Jam kerja yang diterapkan pada perusahaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jam Kerja PT Madubaru

| Hari | Waktu | Keterangan |
|----------------------------------|-----------------|------------|
| Senin - Kamis | 06:30-15:00 WIB | Kerja |
| | 11:30-12:30 WIB | Istirahat |
| Jum'at-Sabtu | 06:30-11:30 WIB | Kerja |
| Minggu | - | Libur |
| Libur nasional dan hari besar | - | Libur |

4.2 Penentuan Rute dan Biaya Distribusi

Melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan, dan melakukan pengolahan data atau penentuan rute distribusi menggunakan metode yang sudah ditentukan yaitu *Nearest Neighbor* dan *Local Search*. *Nearest neighbor* merupakan metode yang digunakan sebagai metode penentuan rute, sedangkan *local search* sebagai metode perbaikan rute yang sudah dibuat menggunakan metode sebelumnya.

4.2.1 Algoritma *Nearest Neighbor*

Adapun data yang diperlukan dalam penentuan rute menggunakan algoritma *nearest neighbor* adalah data pelanggan dan rata-rata jumlah permintaan atau *demand*, jarak antar pelanggan dan perusahaan, kapasitas, jenis, dan jumlah kendaraan distribusi yang dimiliki oleh perusahaan. Berikut merupakan data yang dibutuhkan dalam melakukan penentuan rute:

a. Daftar Pelanggan & Permintaan

Pelanggan merupakan tempat atau titik yang akan dikunjungi oleh KBM untuk melakukan distribusi produk gula, pelanggan PT Madubaru tersebar di beberapa tempat dan juga kota. Daftar pelanggan PT Madubaru dan juga jumlah *demand* setiap

pelanggan dapat dilihat pada Tabel 4.2., *demand* yang tertera merupakan jumlah permintaan tiap pelanggan untuk setiap minggunya.

Tabel 4.2. Daftar Pelanggan PT Madubaru

| Nama Toko | Alamat | Kota | rata-rata Demand (Kg) |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Mirota Palagan | Palagan Tentara Pelajar No. 31 | JOG | 158 |
| Mirota Kampus | Jl. C. Simanjuntak No. 70 | JOG | 270 |
| Mirota Babarsari | Jl. Raya Jogja – Solo Km 7 | JOG | 185 |
| Mirota Supeno | Jl. M. Supeno No. 38 | JOG | 173 |
| Mirota Godean | Jl. Raya Godean | JOG | 183 |
| Superindo Perintis | Jl. Ngeksigondo No. 7 Kotagede | JOG | 223 |
| Superindo Dongkelan | Jl. Raya Bantul Gedongkiwo | JOG | 170 |
| Superindo Seturan | Jl. Raya Seturan Kav. IV Depok | JOG | 200 |
| Superindo Jl. Solo | Jl. Urip Sumoharjo No. 38 A | JOG | 290 |
| Superindo Parangtritis | Jl. Menukan No. 1-2 Brontokusuman | JOG | 213 |
| Superindo Sultan Agung | Jl. Sultan Agung No. 10 | JOG | 137 |
| Superindo Godean | Jl. Hos Cokroaminoto Rt. 001 | JOG | 155 |
| Superindo SCH | Jl. Magelang Km 9,6 Tridadi, Sleman | JOG | 125 |
| Superindo Kaliurang | Jl. Kaliurang No. 51 Km 6,2 | JOG | 206 |
| Gardena Dept. Store | Jl. Urip Sumoharjo No. 40 | JOG | 220 |
| Gardena Magelang | Magelang | MGL | 235 |
| Carrefour AMPLAZ | Jl. Laksda Adisucipto Km 6 | JOG | 165 |
| Carrefour DP Mall | Jl. Pemuda No. 150 | SMG | 198 |
| Carrefour Srandol | Jl. Setiabudi Srandol | SMG | 185 |
| Carrefour Armada (Artos) | Jl. Bambang Sugeng | MGL | 260 |
| Carrefour Paragon | Mall Solo Paragon Jl. Yosodipuro 133 | SOC | 183 |
| Lotte Mart – Jogja | Jl. Ring Road Utara Maguwoharjo | JOG | 213 |
| Lotte Mart – Solo | Jl. Bhayangkara (Ex. Lap.Tipes) | SOC | 233 |
| Lotte Mart – SMG | Jl. Brigjen Sudiarto No. 132 | SMG | 240 |
| Pamella Swalayan | Jl. Pandeyan No. 16 | JOG | 260 |
| Indogrosir | Jl. Magelang Km. 6 Sleman | JOG | 595 |
| Carrefour Solo Baru | Jl. Palem Raya Blok D No. 234 | SOC | 210 |

| Nama Toko | Alamat | Kota | rata-rata Demand (Kg) |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------------|
| Carrefour Pabelan | Jl. Ahmad Yani No. 234 | SOC | 180 |
| Carrefour Maguwo | Jl. Adisucipto Km 8/234 Depok | JOG | 112 |
| Superindo Diponegoro | Jl. Diponegoro No 206 A Ungaran | SMG | 130 |
| Superindo Gajah Mungkur | Jl. S. Parman No. 56 | SMG | 280 |
| Superindo Sukun Raya | Jl. Sukun Raya No. 6 Sronдол | SMG | 120 |
| Superindo Majapahit | Jl. Majapahit No. 294, Sendangguwo | SMG | 135 |
| Superindo Kedungmundu | Jl. Kedungmundu Raya, Tembalang | SMG | 141 |
| Superindo Soekarno-Hatta | Jl. Soekarno Hatta, Kel. Tlogosari | SMG | 163 |
| Superindo Wahidin | Jl. Dr. Wahidin No. 105 Kel. Kaliwiru | SMG | 235 |
| Superindo Kranggan | Kl. KH. Wahid Hasyim 137 | SMG | 211 |
| Superindo Colomadu | Jl. Adisucipto, Ds Paulan | SOC | 225 |
| Superindo Candi | Jl. Sultan Agung No. 104 | SMG | 245 |
| Superindo Siliwangi | Jl. Siliwangi No. 322 Salaman | SMG | 210 |

b. Kendaraan Distribusi

PT Madubaru khususnya pada bagian pemasaran menggunakan fasilitas kendaraan yaitu sebanyak lima unit mobil *box* sebagai kendaraan yang digunakan untuk melakukan distribusi produk gula, dengan jumlah kapasitas yang berbeda-beda. Data kendaraan yang digunakan sebagai transportasi distribusi beserta jumlah kapasitas yang dapat ditampung adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. Data Kendaraan Distribusi

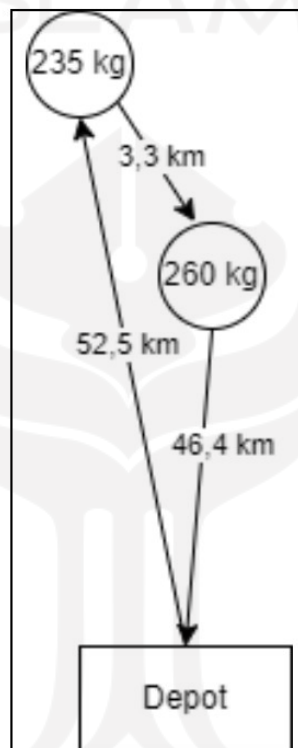
| Jenis KBM | Tipe KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Kapasitas (Kg) | Tahun Beli | Investasi (Rp) | Ket. |
|------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| Mitsubishi | L 300 | AB 8079 WB | 700 | 2011 | Rp144.900.000 | Baik |
| Mitsubishi | PS 120 | AB 8252 WK | 2.000 | 2013 | Rp357.500.000 | Baik |
| Mitsubishi | PS 100 | AB 8460 YT | 2.000 | 2006 | Rp266.000.000 | Baik |
| Mitsubishi | Canter | AB 8090 VT | 4.000 | 2011 | Rp450.500.000 | Baik |
| Mitsubishi | Canter | AB 8491 WB | 4.000 | 2011 | Rp450.500.000 | Baik |

c. Rute Awal

Bagian pemasaran melakukan distribusi gula ke tiap pelanggan menggunakan kendaraan yang mereka miliki sendiri. Hal ini membuat biaya perawatan dan juga bahan bakar harus ditanggung oleh perusahaan. Rute pengantaran yang sudah digunakan oleh perusahaan dalam distribusi adalah sebagai berikut:

- Rute 1:

Perusahaan – Gardena Magelang – Carrefour Armada – Perusahaan

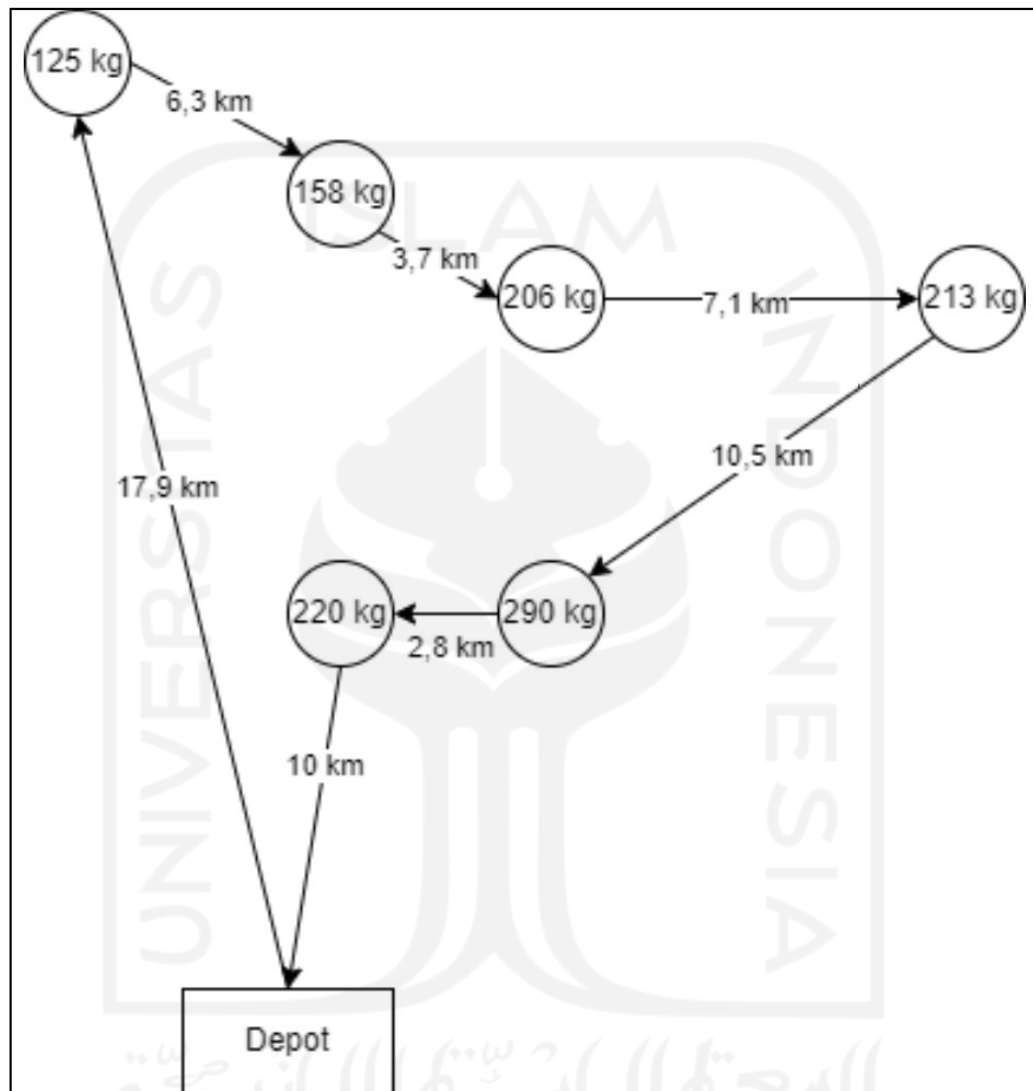


Gambar 4.4. Rute 1 Awalan

Pada rute 1, perusahaan menggunakan jenis kendaraan Mitsubishi dengan tipe L-300 dengan kapasitas kendaraan yaitu 700 kg sebagai kendaraan untuk melakukan distribusi. Jumlah permintaan yang diangkut adalah sebanyak 495 kg, dengan total jarak yang ditempuh adalah sejauh 106,3 km. Titik awal keberangkatan bermula dari perusahaan yaitu PT Madubaru, kemudian menuju Gardena Magelang sebagai titik kunjungan awal, dan selanjutnya menuju ke Carrefour Armada, setelah dari itu kendaraan kembali ke titik awal yaitu PT Madubaru. Dengan kembalinya kendaraan yang digunakan ke titik awal, maka rute telah selesai.

- Rute 2:

Perusahaan – Superindo SCH – Mirota Palagan – Superindo Kaliurang – Lotte Mart Jogja – Superindo Jl. Solo – Gardena Dept. Store – Perusahaan

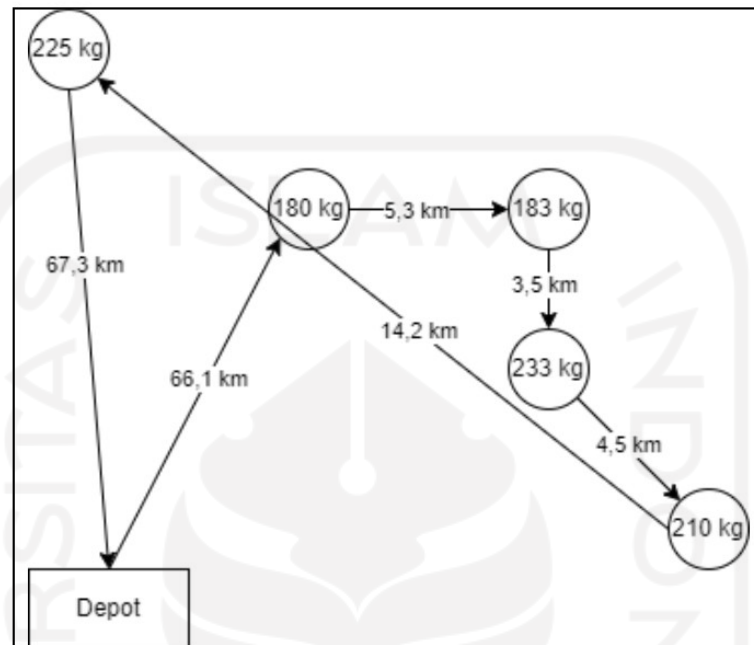


Gambar 4.5. Rute 2 Awalan

Untuk Rute 2 pada proses distribusi, PT Madubaru menggunakan kendaraan Mitsubishi dengan tipe kendaraan PS-120 dengan total kapasitas adalah 2.000 kg. Sedangkan jumlah gula yang harus didistribusikan adalah sebanyak 1.212 kg dengan panjang rute tempuh sejauh 52,2 km. Terdapat enam titik pelanggan yang harus dikunjungi pada rute 2.

- Rute 3:

Perusahaan – Carrefour Pabelan – Carrefour Paragon – Lotte Mart Solo – Carrefour Solo Baru – Superindo Colomadu – Perusahaan



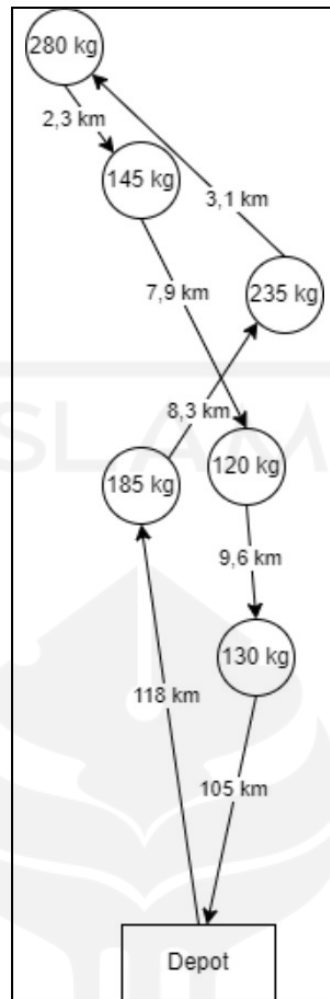
Gambar 4.6. Rute 3 Awalan

PS-100 merupakan tipe KBM yang digunakan pada rute 3. Kapasitas maksimal kendaraan yang dapat diangkut dalam sekali perjalanan adalah sebanyak 2.000 kg. Sedangkan pada rute 3, kapasitas yang perlu didistribusikan pada pelanggan adalah sebanyak 1.031 kg. Jarak yang harus ditempuh oleh KBM adalah sejauh 162 km, dan PT Madubaru adalah sebagai titik awal dan titik akhir dari rute perjalanan.

- Rute 4

Perusahaan – Carrefour Srandol – Superindo Wahidin – Superindo Gajah Mungkur – Superindo Candi – Superindo Sukun Raya – Superindo Diponegoro – Perusahaan

Rute 4 menggunakan kendaraan Mitsubishi dengan tipe Canter sebagai KBM untuk melakukan distribusi. KBM dengan tipe Canter memiliki kapasitas sebesar 4.000 kg. Total jarak tempuh pada rute 4 adalah sejauh 256,7 km, dengan 1.195 kg gula yang didistribusikan pada 6 pelanggan.

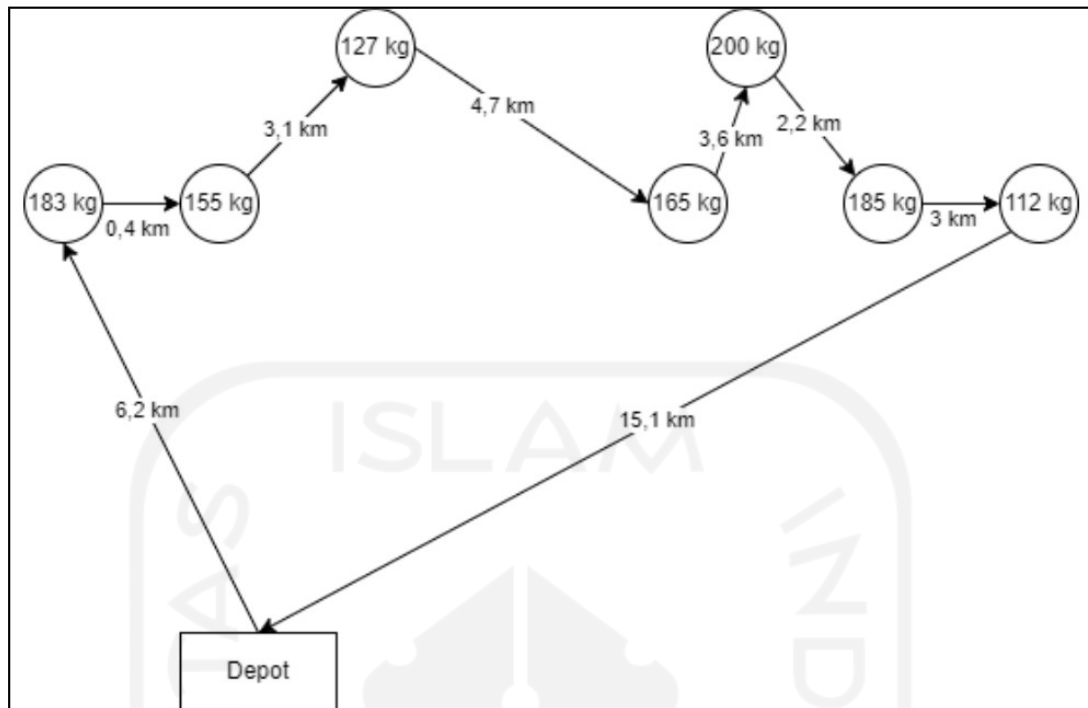


Gambar 4.7. Rute 4 Awal

- Rute 5

Perusahaan – Mirota Godean – Superindo Godean – Mirota Kampus – Carrefour AMPLAZ – Superindo Seturan – Mirota Babarsari – Carrefour Maguwo – Perusahaan

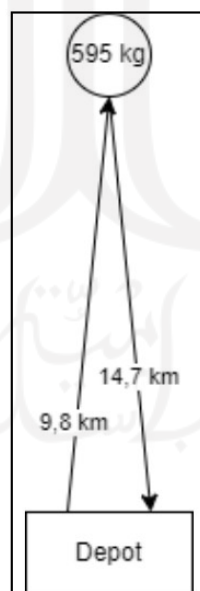
Pada Rute 5, kendaraan distribusi mengunjungi tujuh pelanggan dengan menggunakan kendaraan Mitsubishi tipe Canter dengan kapasitas maksimal kendaraan adalah 4.000 kg. Pada rute ini kendaraan membawa gula sebanyak 1.270 kg. Jumlah jarak yang ditempuh oleh KBM adalah sejauh 36,2 km.



Gambar 4.8. Rute 5 Awalan

- Rute 6

Perusahaan – Indogrosir – Perusahaan



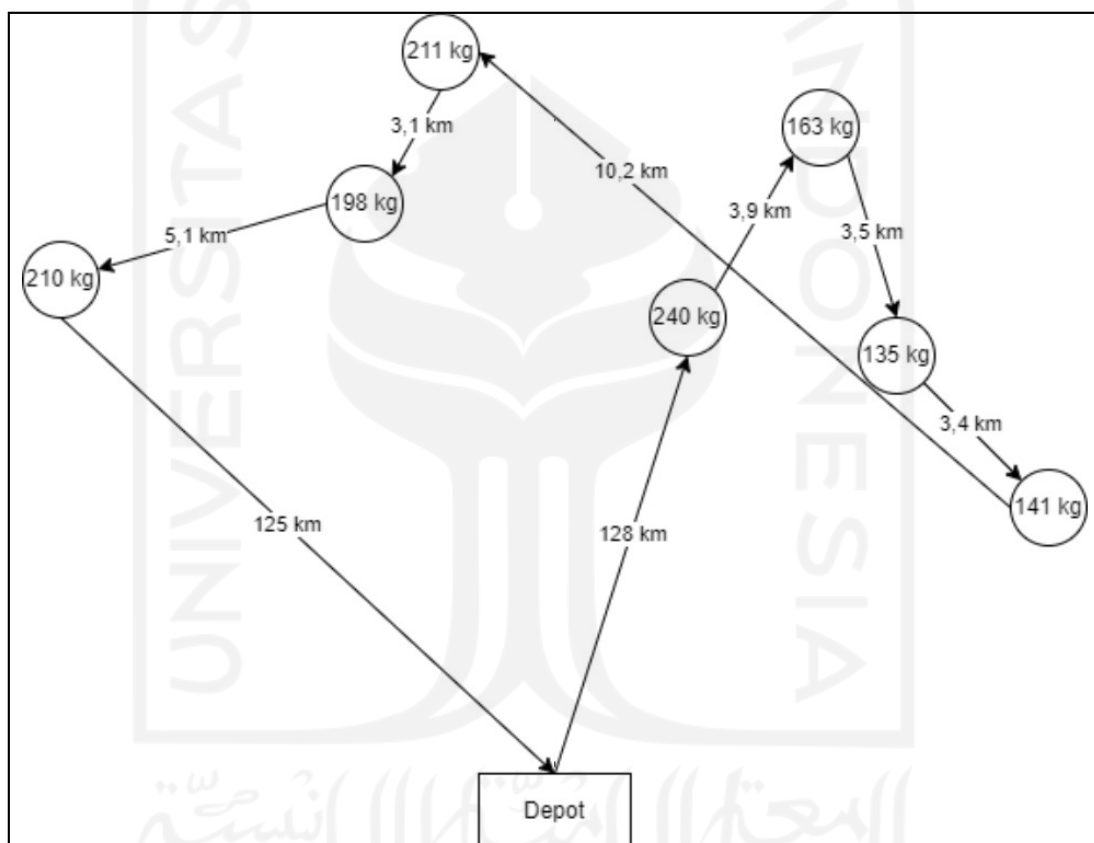
Gambar 4.9. Rute 6 Awalan

Mitsubishi tipe L-300 dengan total kapasitas maksimal adalah 700 kg sebagai KBM yang digunakan pada rute 6. Rute 6 hanya melayani satu pelanggan yaitu Indogrosir

yang terletak di Jalan Magelang Km.6. Jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan adalah sejauh 24,8 km, dengan mengangkut sebanyak 595 kg gula sebagai permintaan dari pelanggan.

- Rute 7

Perusahaan – Lotte Mart SMG – Superindo Soekarno-Hatta – Superindo Majapahit – Superindo Kedungmundu – Superindo Kranggan – Carrefour DP Mall – Superindo Siliwangi – Perusahaan

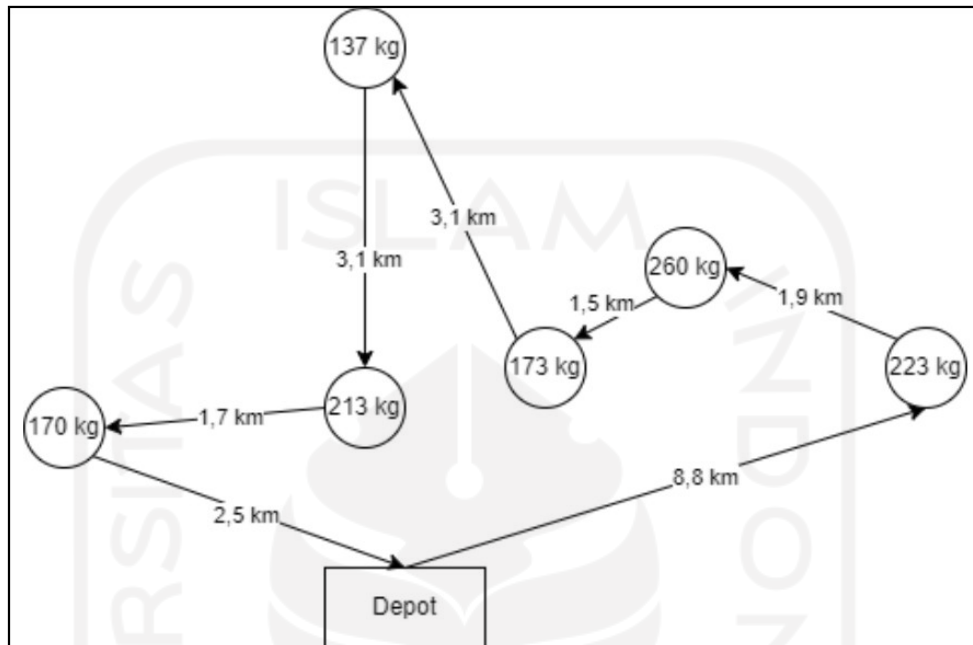


Gambar 4.10. Rute 7 Awalan

Rute 7 merupakan rute yang melayani 7 pelanggan dengan menggunakan KBM Mitsubishi dengan jenis KBM Canter VT serta kapasitas maksimum yang dapat di muat oleh KBM adalah 4.000 kg. Rute ini memiliki jarak tempuh sejauh 283 km dan membawa gula sebanyak 1.298 kg. kendaraan berangkat dari PT Madubaru dan akan kembali ke PT Madubaru untuk menyelesaikan rute.

- Rute 8

Perusahaan – Superindo Perintis – Pamela Swalayan – Mirota Supeno – Superindo Sultan Agung – Superindo Parangtritis – Superindo Dongkelan – Perusahaan



Gambar 4.11. Rute 8 Awalan

Pada rute 8, PT Madubaru menggunakan kendaraan dengan tipe PS-120 dengan kapasitas sebesar 2.000 kg. KBM menempuh jarak sejauh 24 km dan melayani 6 pelanggan dengan total permintaan sebanyak 1.176 kg gula.

Berdasarkan dari uraian di atas, PT Madubaru memiliki 8 rute distribusi dengan menggunakan jenis KBM yang berbeda-beda dan juga jumlah kapasitas yang berbeda-beda pula. PT Madubaru perlu mengeluarkan biaya sebanyak Rp3.721.970,11- dalam satu minggu untuk melakukan distribusi dengan menggunakan 8 rute yang ada, dengan akumulasi pengeluaran selama satu bulan untuk biaya distribusi adalah Rp.14.887.880,40-. Berikut ringkasan rute yang digunakan oleh PT Madubaru dalam melakukan distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rute Awal PT Madubaru

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Tujuan | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya (Rp) |
|----------|-----------|----------------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | L-300 | AB 8079 WB | Gardena Magelang | 235 | 495 | 106,3 | 352.406,23 |
| | | | Carrefour Armada | 260 | | | |
| 2 | PS-120 | AB 8252 WK | Superindo SCH | 125 | 1212 | 52,2 | 394.511,20 |
| | | | Mirota Palagan | 158 | | | |
| | | | Superindo Kaliurang | 206 | | | |
| | | | Lotte Mart – Jogja | 213 | | | |
| | | | Superindo Jl. Solo | 290 | | | |
| | | | Gardena Dept. Store | 220 | | | |
| 3 | PS-100 | AB 8460 YT | Carrefour Pabelan | 180 | 1031 | 162 | 523.849 |
| | | | Carrefour Paragon | 183 | | | |
| | | | Lotte Mart -Solo | 233 | | | |
| | | | Carrefour Solo Baru | 210 | | | |
| | | | Superindo Colomadu | 225 | 1195 | 256,7 | 689.021,17 |
| 4 | Canter | AB 8090 VT | Carrefour Spondol | 185 | | | |
| | | | Superindo Wahidin | 235 | | | |
| | | | Superindo Gajah Mungkur | 280 | | | |
| | | | Superindo Candi | 245 | | | |

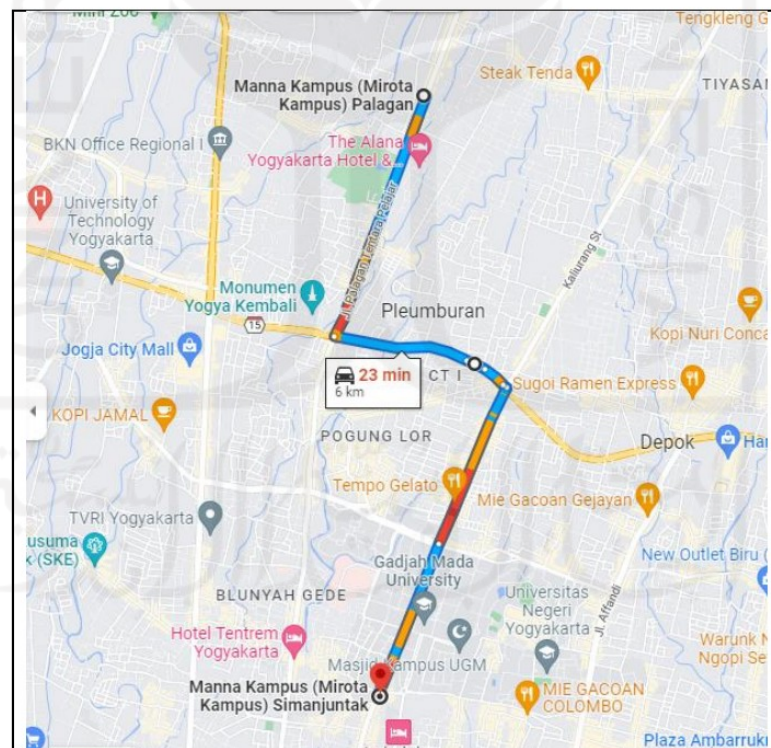
| Rute Ke- | Jenis KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Tujuan | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya (Rp) |
|----------|-----------|----------------------|--------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|
| 5 | Canter | AB 8491 WB | Superindo Sukun Raya | 120 | 1270 | 36,2 | 404.397,67 |
| | | | Superindo Diponegoro | 130 | | | |
| | | | Mirota Godean | 183 | | | |
| | | | Superindo Godean | 155 | | | |
| | | | Mirota Kampus | 270 | | | |
| | | | Carrefour AMPLAZ | 165 | | | |
| | | | Superindo Seturan | 200 | | | |
| | | | Mirota Babarsari | 185 | | | |
| 6 | L-300 | AB 8079 WB | Carrefour Maguwo | 112 | 595 | 24,8 | 273.101,51 |
| | | | Indogrosir | 595 | | | |
| 7 | Canter | AB 8090 VT | Lotte Mart – SMG | 240 | 1298 | 283 | 728.693,33 |
| | | | Superindo Soekarno-Hatta | 163 | | | |
| | | | Superindo Majapahit | 135 | | | |
| | | | Superindo Kedungmundu | 141 | | | |
| | | | Superindo Kranggan | 211 | | | |
| 8 | PS-120 | AB 8252 WK | Carrefour DP Mall | 198 | 1176 | 24 | 355.990 |
| | | | Superindo Siliwangi | 210 | | | |
| | | | Superindo Perintis | 223 | | | |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Tujuan | <i>Demand</i> (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya (Rp) |
|---------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| | | | Pamella Swalayan | 260 | | | |
| | | | Mirota Supeno | 173 | | | |
| | | | Superindo Sultan Agung | 137 | | | |
| | | | Superindo Parangtritis | 213 | | | |
| | | | Superindo Dongkelan | 170 | | | |

d. Jarak Tempuh

Untuk melakukan distribusi ke pelanggan, kendaraan yang digunakan oleh PT Madubaru harus menempuh jarak tertentu untuk mencapai titik tujuan dan memenuhi permintaan dari pelanggan yang dikunjungi. Berikut merupakan jarak tempuh yang harus dilalui oleh KBM dari perusahaan menuju titik kunjungan atau pelanggan, dan jarak tempuh antar pelanggan ke pelanggan yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Perhitungan jarak tempuh ditentukan menggunakan bantuan *google maps*, dengan mempertimbangkan rute tercepat dari *google maps* dan jalur yang biasanya digunakan oleh PT Madubaru.

Perhitungan atau penentuan jarak tempuh kendaraan distribusi yaitu dengan menggunakan bantuan *google maps*, dengan memasukan titik awal atau lokasi kendaraan berada dan memasukan titik tujuan sebagai lokasi yang akan dikunjungi oleh kendaraan distribusi. Angka yang keluar merupakan jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan dari titik awal menuju titik tujuan.



Gambar 4.12. Penentuan Jarak Tempuh Kendaraan
(Sumber: *Google Maps*)

Mencari jarak tempuh kendaraan yang terdapat pada Tabel 4.5 dengan melihat data Asal ke data Tujuan. Apabila mencari data jarak dari Perusahaan ke Mirota

Palagan, maka peneliti hanya mencari Perusahaan di bagian Asal kemudian melakukan pencarian Mirota Palagan di bagian Tujuan, kemudian lihat angka yang bersinggungan dengan kedua titik tersebut yaitu 17,7 km, angka tersebut merupakan jarak dari Perusahaan ke Mirota Palagan. Kemudian jika ingin mengetahui jarak tempuh dari Mirota Palagan ke Mirota Supeno, yaitu dengan mencari Mirota Palagan di data Asal dan Mirota Supeno di data Tujuan, didapatkan angka 10,9 km yang bersinggungan dengan kedua titik tersebut sehingga angka tersebut merupakan jarak yang perlu ditempuh untuk menuju Mirota Supeno dari Mirota Palagan.



Tabel 4.5. Matriks Jarak Titik Kunjungan (Km)

| <div> <div>Tujuan</div> <div>Asal</div> </div> | Perusahaan | Mirota Palagan | Mirota Kampus | Mirota Babarsari | Mirota Supeno | Mirota Godean | Superindo Perintis | Superindo Donkelan | Superindo Seturan | Superindo Jl. Solo | Superindo Parangtritis | Superindo Sultan Agung | Superindo Godean | Superindo SCH | Superindo Kaliurang | Gardena Dept. Store | Gardena Magelang | Carrefour AMPLAZ | Carrefour DP Mall | Carrefour Srandol | Carrefour Armada | Carrefour Paragon | Lotte Mart – Jogja | Lotte Mart - Solo | Lotte Mart - SMG | Pamella Swalayan | Indogrosir | Carrefour Solo Baru | Carrefour Pabelan | Carrefour Maguwo | Superindo Diponegoro | Superindo Gajah Mungkur | Superindo Sukun Raya | Superindo Majapahit | Superindo Kedung Mundu | Superindo Soekarno-Hatta | Superindo Wahidin | Superindo Kranggan | Superindo Colomadu | Superindo Candi | Superindo Siliwangi |
|--|------------|----------------|---------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------|---------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| Perusahaan | | 17.7 | 8.3 | 17.1 | 5.6 | 6.2 | 8.8 | 2.3 | 13.2 | 9.4 | 4.8 | 6.6 | 6 | 17.9 | 12.4 | 8.5 | 52.5 | 11.5 | 129 | 118 | 49.9 | 71.2 | 18.3 | 71.8 | 128 | 7 | 9.8 | 68.9 | 66.1 | 14.4 | 109 | 125 | 118 | 129 | 128 | 131 | 124 | 130 | 66.1 | 124 | 130 |
| Mirota Palagan | 17.7 | | 7 | 10.3 | 10.9 | 8 | 13.8 | 19 | 8.1 | 7.3 | 11.3 | 8.6 | 8.6 | 6.3 | 3.7 | 7.2 | 38.9 | 9.2 | 113 | 104 | 35.7 | 66.2 | 10.2 | 66.9 | 114 | 11.9 | 5 | 64 | 61.1 | 10.9 | 97.4 | 114 | 104 | 117 | 116 | 120 | 112 | 119 | 61.1 | 112 | 118 |
| Mirota Kampus | 8.8 | 6 | | 8.2 | 5.6 | 3.8 | 7.5 | 7.2 | 5 | 1.8 | 6.3 | 3.4 | 4.8 | 8.3 | 2.9 | 1.7 | 42.9 | 4.7 | 119 | 108 | 40.3 | 62.3 | 9 | 62.9 | 118 | 5.6 | 4.9 | 59.6 | 57.2 | 7.6 | 99.5 | 116 | 108 | 120 | 118 | 122 | 114 | 121 | 57.1 | 115 | 120 |
| Mirota Babarsari | 14.5 | 10.9 | 6.3 | | 7.9 | 8.1 | 6 | 10.5 | 2 | 5.2 | 9.5 | 6.6 | 9.2 | 12.4 | 7 | 5 | 47 | 1.5 | 123 | 113 | 44.4 | 57.7 | 4.4 | 58.3 | 122 | 6 | 11.1 | 55 | 52.2 | 3 | 104 | 120 | 112 | 124 | 123 | 125 | 118 | 125 | 52.5 | 118 | 125 |
| Mirota Supeno | 7.7 | 11.5 | 6.1 | 9.9 | | 7.9 | 3.3 | 4.2 | 8.3 | 5 | 2.6 | 3.1 | 7.6 | 13.6 | 8.9 | 4.8 | 48.2 | 6.4 | 125 | 114 | 45.7 | 64.2 | 12.2 | 64.9 | 124 | 1.1 | 10.2 | 62 | 59.1 | 9.6 | 105 | 121 | 114 | 125 | 124 | 127 | 119 | 126 | 59.1 | 120 | 126 |
| Mirota Godean | 6.4 | 9.4 | 3.3 | 10 | 7.2 | | 9.3 | 5.8 | 8.2 | 3.7 | 7.1 | 4.9 | 0.4 | 8.3 | 6.2 | 3.5 | 42.9 | 6.5 | 119 | 108 | 40.3 | 64.1 | 10.9 | 64.7 | 118 | 7.2 | 4.8 | 61.4 | 59 | 9.4 | 99.4 | 116 | 108 | 119 | 118 | 122 | 114 | 121 | 59 | 114 | 120 |
| Superindo Perintis | 8.6 | 12.4 | 7 | 9 | 2.3 | 9.1 | | 5.2 | 7.7 | 5.9 | 4.2 | 4 | 8.7 | 14.5 | 10.6 | 5.7 | 49.1 | 6.8 | 125 | 115 | 46.6 | 63.1 | 9.8 | 63.7 | 124 | 1.9 | 11.1 | 60.4 | 58 | 8.4 | 106 | 122 | 114 | 126 | 125 | 128 | 120 | 127 | 57.9 | 121 | 127 |
| Superindo Donkelan | 2.5 | 18.9 | 7.1 | 16.7 | 3.3 | 6 | 5.7 | | 15.4 | 7 | 1.7 | 4.1 | 5.5 | 12.1 | 10 | 7.3 | 46.6 | 9.9 | 123 | 112 | 44.1 | 70.8 | 14.7 | 71.5 | 122 | 4.4 | 8.6 | 68.2 | 65.7 | 13.2 | 103 | 119 | 112 | 123 | 122 | 125 | 117 | 124 | 65.7 | 118 | 124 |
| Superindo Seturan | 16.5 | 8.8 | 6.8 | 2.2 | 8.5 | 8.5 | 7.2 | 15.1 | | 5.7 | 10 | 7.1 | 9.6 | 11 | 5.6 | 5.5 | 45.6 | 2 | 122 | 111 | 43.1 | 59.1 | 5.1 | 59.7 | 121 | 6.5 | 9.1 | 56.4 | 53.9 | 4.4 | 102 | 118 | 111 | 122 | 121 | 124 | 117 | 123 | 53.9 | 117 | 123 |
| Superindo Jl. Solo | 9.4 | 8.6 | 3.2 | 6.4 | 4.9 | 5 | 6.6 | 7.4 | 4.8 | | 6.2 | 4.4 | 6.9 | 10.9 | 5.4 | 2.8 | 45.4 | 2.9 | 122 | 111 | 42.9 | 60.5 | 7.3 | 61.2 | 121 | 4.5 | 7.3 | 57.9 | 55.4 | 5.9 | 102 | 118 | 111 | 122 | 121 | 124 | 117 | 123 | 55.4 | 117 | 123 |
| Superindo Parangtritis | 3.8 | 12 | 6.6 | 15 | 2.3 | 7.1 | 4.4 | 1.7 | 10.9 | 6.3 | | 3 | 6.8 | 13.4 | 9.4 | 6.2 | 48 | 12.8 | 124 | 114 | 45.4 | 69.1 | 13.6 | 69.7 | 123 | 3.5 | 9.9 | 66.8 | 64 | 12.1 | 105 | 121 | 113 | 125 | 124 | 127 | 119 | 126 | 63.9 | 120 | 126 |
| Superindo Sultan Agung | 6.5 | 8.9 | 3.5 | 9.5 | 2.6 | 4.9 | 4.5 | 3.9 | 8.1 | 3.1 | 3.1 | | 4.6 | 11.1 | 6.4 | 3.9 | 54.7 | 5.8 | 122 | 111 | 43.2 | 96 | 10.3 | 64.2 | 121 | 2.6 | 7.7 | 60.9 | 58.4 | 8.9 | 102 | 118 | 111 | 122 | 121 | 125 | 117 | 123 | 58.4 | 117 | 123 |
| Superindo Godean | 6.8 | 7.3 | 3.1 | 10.1 | 6.6 | 0.5 | 9 | 6.5 | 8.2 | 3.5 | 6.6 | 4.5 | | 8.1 | 6 | 3 | 42.7 | 6.3 | 119 | 108 | 40.1 | 63.5 | 10.7 | 64.5 | 118 | 7 | 4.6 | 61.2 | 58.8 | 9.2 | 99.2 | 115 | 108 | 119 | 120 | 121 | 114 | 120 | 58.7 | 114 | 120 |
| Superindo SCH | 18.4 | 6.3 | 10.4 | 17 | 15.3 | 10.4 | 18.2 | 15.2 | 12.5 | 11.6 | 15.5 | 13.1 | 11.1 | | 8.2 | 11.9 | 34.6 | 14.6 | 111 | 100 | 32 | 70.6 | 15.1 | 71.3 | 110 | 15.2 | 6.8 | 68 | 65.5 | 16.4 | 91.2 | 107 | 99.9 | 111 | 110 | 113 | 106 | 112 | 65.5 | 106 | 112 |
| Superindo Kaliurang | 17.3 | 3.7 | 3.5 | 9.5 | 8.4 | 7.7 | 10.2 | 12 | 5.1 | 4.6 | 9.1 | 6.3 | 8.3 | 6 | | 4.5 | 40.6 | 7.1 | 117 | 106 | 38 | 63.2 | 7.1 | 63.7 | 116 | 8.3 | 4 | 60.4 | 58 | 8.9 | 97.1 | 113 | 106 | 117 | 116 | 119 | 112 | 118 | 58 | 112 | 118 |
| Gardena Dept. Store | 10 | 8.7 | 2.5 | 6.5 | 5 | 5.1 | 6.7 | 7.5 | 4.9 | 0.2 | 6.5 | 3.6 | 5.6 | 11 | 5.5 | | 45.5 | 3 | 122 | 111 | 43 | 60.6 | 7.4 | 61.2 | 121 | 4.7 | 7.4 | 57.9 | 55.5 | 5.9 | 102 | 118 | 111 | 122 | 123 | 124 | 117 | 123 | 55.5 | 117 | 123 |
| Gardena Magelang | 50.4 | 38.5 | 42.6 | 49.2 | 47.5 | 42.6 | 50.4 | 51.8 | 44.7 | 43.9 | 47.8 | 45.1 | 43.3 | 35 | 40.4 | 43.7 | | 46.1 | 75.5 | 65 | 4.4 | 89.2 | 46.8 | 90.4 | 74.6 | 47.4 | 39.1 | 95.3 | 84.1 | 48.7 | 55.9 | 72.1 | 64.7 | 76 | 76.8 | 78.1 | 70.4 | 77 | 82.7 | 70.9 | 76.9 |
| Carrefour AMPLAZ | 16 | 9.5 | 5 | 5.2 | 6.7 | 6.7 | 6 | 9.1 | 3.6 | 3.8 | 8.2 | 5.1 | 7.3 | 11.8 | 6.4 | 3.7 | 46.4 | | 123 | 112 | 43.8 | 59.3 | 6.1 | 58.4 | 122 | 4.6 | 7.7 | 56.6 | 54.1 | 4.6 | 103 | 119 | 112 | 123 | 124 | 125 | 117 | 124 | 54.1 | 118 | 124 |
| Carrefour DP Mall | 125 | 113 | 117 | 124 | 123 | 117 | 125 | 127 | 119 | 119 | 123 | 120 | 119 | 110 | 115 | 118 | 75.7 | 121 | | 13 | 79.1 | 101 | 122 | 102 | 6.8 | 122 | 114 | 106 | 95.7 | 123 | 22.2 | 5.5 | 12.7 | 8 | 11.3 | 6.6 | 7.7 | 1.7 | 94.4 | 7.5 | 5.1 |
| Carrefour Srandol | 112 | 100 | 104 | 111 | 122 | 104 | 112 | 114 | 106 | 39.9 | 110 | 107 | 106 | 97.1 | 102 | 105 | 62.7 | 108 | 13.5 | | 66.2 | 87.9 | 109 | 89 | 12.5 | 109 | 101 | 93.1 | 82.8 | 109 | 9.2 | 10 | 2.5 | 13.8 | 13.4 | 16 | 8.3 | 14.8 | 81.4 | 8.8 | 14.7 |
| Carrefour Armada | 46.4 | 34.5 | 38.6 | 45.3 | 43.5 | 38.6 | 46.5 | 47.6 | 40.8 | 39.9 | 43.8 | 41.1 | 39.3 | 31.1 | 36.4 | 40.2 | 3.3 | 42.1 | 79.6 | 68.9 | | 78.2 | 42.8 | 79.4 | 78.6 | 43.5 | 35.1 | 84.3 | 73.1 | 44.7 | 59.8 | 76 | 68.6 | 79.9 | 80.7 | 82.1 | 74.4 | 80.9 | 71.8 | 74.9 | 80.8 |
| Carrefour Paragon | 72.6 | 67.3 | 66.2 | 58.1 | 66 | 66.7 | 63.8 | 71.7 | 60.1 | 62.3 | 69.9 | 64.7 | 66.7 | 69.6 | 64.2 | 63.1 | 81.8 | 59.5 | 99.6 | 88.9 | 79.3 | | 58.3 | 3.5 | 99.5 | 64.2 | 67.7 | 7 | 6.1 | 57.5 | 79.9 | 96.1 | 88.6 | 99.9 | 98.8 | 100 | 94.4 | 101 | 7.9 | 94.9 | 101 |
| Lotte Mart – Jogja | 19.9 | 9.4 | 9.2 | 5.3 | 13.4 | 13.4 | 11.4 | 19.2 | 3.8 | 10.5 | 17.5 | 12 | 13.7 | 11.7 | 6.3 | 9.3 | 46.2 | 5.8 | 123 | 112 | 43.7 | 58.9 | | 56 | 119 | 11.5 | 9.8 | 60.8 | 50.3 | 4.8 | 103 | 119 | 112 | 123 | 124 | 125 | 117 | 124 | 50.3 | 118 | 124 |
| Lotte Mart - Solo | 71.2 | 66.7 | 64.7 | 57.2 | 65.3 | 67.5 | 64.9 | 71.3 | 59.2 | 62.6 | 69.5 | 64 | 66 | 66.6 | 63.5 | 63.9 | 82.6 | 58.7 | 100 | 89.7 | 80.1 | 3.6 | 57.5 | | 99.4 | 63.3 | 67 | 4.5 | 7.7 | 56.6 | 80.7 | 96.9 | 89.5 | 101 | 99.7 | 101 | 95.2 | 102 | 10.8 | 95.7 | 102 |
| Lotte Mart - SMG | 123 | 111 | 115 | 122 | 120 | 115 | 123 | 124 | 117 | 116 | 120 | 118 | 117 | 108 | 113 | 116 | 73.6 | 119 | 4.8 | 10.9 | 77 | 98.7 | 119 | 99.9 | | 120 | 112 | 104 | 93.6 | 121 | 20 | 5.5 | 10.6 | 2.5 | 5.8 | 3.9 | 4.5 | 5.2 | 92.2 | 5.8 | 8.1 |
| Pamella Swalayan | 9 | 11 | 5.6 | 8.8 | 1.5 | 7.4 | 2.5 | 4.4 | 7.7 | 4.5 | 3.4 | 2.9 | 7.1 | 13.7 | 9.5 | 4.3 | 47.7 | 5.3 | 124 | 113 | 45.2 | 63.1 | 9.7 | 63.8 | 123 | | 9.7 | 60.5 | 58 | 8.5 | 104 | 121 | 113 | 124 | 125 | 127 | 119 | 125 | 58 | 119 | 125 |
| Indogrosir | 14.7 | 3.1 | 6.2 | 11.7 | 10.4 | 5.2 | 12.9 | 11.6 | 7.2 | 6.4 | 10.3 | 7.7 | 5.9 | 3.4 | 2.9 | 6.3 | 38 | 8.6 | 114 | 104 | 35.5 | 65.3 | 9.3 | 66 | 113 | 10 | | 62.7 | 60.2 | 10 | 94.6 | 111 | 103 | 115 | 115 | 117 | 109 | 116 | 60.2 | 110 | 116 |
| Carrefour Solo Baru | 69.8 | 64.6 | 61.7 | 55.3 | 63.5 | 63.9 | 61.3 | 69.2 | 57.3 | 60.5 | 67.5 | 61.9 | 64.1 | 66.9 | 61.3 | 60.3 | 85.6 | 56.8 | 104 | 93.1 | 83.1 | 6.9 | 55.6 | 4.8 | 103 | 61.5 | 64.9 | | 13.1 | 62.9 | 84.1 | 101 | 92.9 | 104 | 103 | 105 | 98.6 | 105 | 14.2 | 99.1 | 105 |
| Carrefour Pabelan | 67.2 | 62 | 59.1 | 52.7 | 60.9 | 61.2 | 58.7 | 66.6 | 54.7 | 57.9 | 64.9 | 59.3 | 61.4 | 64.3 | 58.7 | 57.7 | 76.4 | 54.2 | 94.2 | 88.5 | 73.8 | 5.3 | 53 | 6.4 | 93.2 | 58.9 | 62.3 | 10.7 | | 52.1 | 74.5 | 90.7 | 83.2 | 94.5 | 93.5 | 94.9 | 87.2 | 95.5 | 4.3 | 89.5 | 95.4 |
| Carrefour Maguwo | 15.1 | 10.7 | 7 | 0.6 | 8.2 | 8.7 | 6.6 | 14.5 | 2.6 | 5.8 | 12.8 | 7.2 | 9.4 | 13 | 7.6 | 5.6 | 47.6 | 2.1 | 124 | 113 | 45 | 58.3 | 5.1 | 58.9 | 122 | 6.8 | 11 | 55.6 | 53.2 | | 104 | 120 | 113 | 124 | 125 | 125 | 118 | 125 | 53.1 | 119 | 124 |
| Superindo Diponegoro | 105 | 93 | 97.2 | 104 | 102 | 97.2 | 105 | 106 | 99.3 | 98.6 | 102 | 99.7 | 98.7 | 89.6 | 94.9 | 98.2 | 55.5 | 101 | 19.8 | 9.1 | 59 | 80.7 | 101 | 81.1 | 18.8 | 102 | 93.6 | 85.9 | 75.5 | 103 | | 16.3 | 8.9 | 20.1 | 21 | 22.3 | 14.6 | 21.2 | 74.2 | 74.9 | 21.1 |
| Superindo Gajah Mungkur | 120 | 108 | 112 | 119 | 117 | 112 | 120 | 121 | 114 | 113 | 117 | 115 | 114 | 105 | 110 | 113 | 70.5 | 116 | 3.9 | 7.8 | 73.9 | 95.6 | 116 | 96.8 | 5.8 | 117 | 109 | 101 | 90.5 | 118 | 16.9 | | 7.5 | 7.2 | 8.5 | 7.3 | 3.1 | 5.2 | 89.1 | 2.3 | 5.2 |
| Superindo Sukun Raya | 113 | 101 | 105 | 111 | 110 | 105 | 113 | 114 | 107 | 106 | 110 | 107 | 106 | 97.2 | 103 | 106 | 63.1 | 108 | 11.1 | 0.4 | 67.1 | 88.2 | 109 | 89.4 | 10.1 | 110 | 101 | 93.5 | 83.1 | 111 | 9.6 | 7.6 | | 11.4 | 12.2 | 13.6 | 5.9 | 12.4 | 81.8 | 6.4 | 12.3 |
| Superindo Majapahit | 124 | 112 | 116 | 123 | 121 | 116 | 124 | 125 | 118 | 118 | 121 | 119 | 118 | 109 | 114 | 117 | 74.6 | 120 | 6.7 | 11.9 | 78.7 | 99.8 | 120 | 101 | 2.2 | 122 | 113 | 105 | 94.6 | 122 | 21.1 | 7.4 | 11.6 | | 3.4 | 3.3 | 5.8 | 7.1 | 93.3 | 6.9 | 10 |

Dalam melakukan penentuan rute distribusi, perlu melalui beberapa langkah atau tahapan yang sudah ditentukan sebelumnya. Berikut merupakan penentuan rute distribusi produk gula PT Madubaru:

1. Langkah 1

Masukan data yang dibutuhkan. Data yang diperlukan dalam pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 4.2. hingga Tabel 4.5.

2. Langkah 2

Melakukan inisiasi awal pada rute. Melakukan perhitungan rute = 1 dan tur kendaraan dimulai dari lokasi awal kendaraan.

3. Langkah 3

Lokasi awal dari perusahaan, depot atau gudang. Kendaraan yang dipilih harus berasal dari lokasi awal yaitu perusahaan atau gudang tempat gula berada.

4. Langkah 4

Menentukan kendaraan yang digunakan. Pada rute 1 menggunakan KBM dengan tipe PS-100 dengan kapasitas maksimal 2.000 kg, dikarenakan KBM tersebut memiliki kapasitas yang cukup besar namun dengan *fixed cost* atau biaya tetap yang rendah.

5. Langkah 5

Mencari lokasi terdekat. Pelanggan dengan lokasi terdekat dari posisi KBM dan belum dikunjungi akan dikunjungi selanjutnya, berdasarkan pada Tabel 4.5. matriks jarak terdekat dari posisi KBM dari perusahaan adalah Superindo Dongkelan dengan jarak 2,5 km.

- Rute 1

Tabel 4.6. Tujuan KBM Ke-1 Pada rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 2,5 |
| TOTAL | | | 170 | 2,5 |

6. Langkah 6

Memastikan muatan KBM tidak melebihi kapasitas maksimalnya $Di \leq Q_{max}$.

Superindo Dongkelan = 170 kg

Total muatan = 170 kg $170 \text{ kg} \leq 2.000 \text{ kg}$.

7. Langkah 7

Menghitung kapasitas KBM yang tersisa.

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - 170$$

$$Q = 1.830 \text{ kg.}$$

8. Langkah 8

Semua Pelanggan sudah dikunjungi, jika total permintaan = 0. Membuat tur baru, karena pelanggan belum terlayani semua dan kapasitas kendaraan masih tersisa. Kembali ke langkah 5 yaitu mencari titik terdekat dari lokasi terakhir kendaraan, dengan menghapus pelanggan yang sudah dikunjungi.

9. Langkah 9

Membuat tur baru yaitu menggunakan kendaraan yang sama. Mengacu kepada Tabel 4.5. jarak pelanggan yang terdekat dari Superindo Dongkelan adalah Superindo Parangtritis dengan jarak 1,7 km dengan jumlah permintaan sebanyak 213 kg.

Tabel 4.7. Tujuan KBM Ke-2 Pada Rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 2,5 |
| | | Superindo Parangtritis | 213 | 1,7 |
| TOTAL | | | 383 | 4,2 |

Sisa kapasitas KBM adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - (170 + 213)$$

$$Q = 1.617 \text{ kg}$$

Tur tujuan KBM selanjutnya adalah Superindo Mirota Supeno dengan jarak terdekat dari Superindo Parangtritis dengan jarak 2,6 km.

Tabel 4.8. Tujuan KBM Ke-3 Pada Rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 2,5 |
| | | Superindo Parangtritis | 213 | 1,7 |
| | | Mirota Supeno | 173 | 2,6 |
| TOTAL | | | 556 | 6,8 |

Sisa kapasitas KBM PS 100 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - (170 + 213 + 173)$$

$$Q = 1.444 \text{ kg}$$

KBM terus bergerak untuk melakukan distribusi kepada pelanggan. Kunjungan selanjutnya adalah ke Pamella Swalayan dengan jumlah permintaan 260 kg dan jarak tempuh dari Mirota Supeno adalah 1,5 km sebagai lokasi pelanggan terdekat.

Tabel 4.9. Tujuan KBM Ke-4 Pada Rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 2,5 |
| | | Superindo Parangtritis | 213 | 1,7 |
| | | Mirota Supeno | 173 | 2,6 |
| | | Pamella Swalayan | 260 | 1,5 |
| TOTAL | | | 816 | 8,3 |

Sisa kapasitas KBM pada rute ke-1 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - (170 + 213 + 173 + 260)$$

$$Q = 1.184 \text{ kg}$$

Sisa kapasitas kendaraan dengan tipe KBM PS 100 adalah 1.184 kg, sehingga pelanggan selanjutnya yang dikunjungi secara berturut-turut adalah Superindo Perintis, Superindo Sultan Agung, Mirota Kampus, Gardena Dept. Store, dan Superindo Jl. Solo, kemudian KBM akan kembali lagi ke perusahaan dikarenakan jumlah muatan KBM sudah mencapai 1.956 kg. Sehingga pelanggan yang belum dikunjungi akan dilayani pada rute selanjutnya menggunakan KBM yang tersedia.

Tabel 4.10. Tujuan KBM Pada Rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 2,5 |
| | | Superindo Parangtritis | 213 | 1,7 |
| | | Mirota Supeno | 173 | 2,6 |
| | | Pamella Swalayan | 260 | 1,5 |
| | | Superindo Perintis | 223 | 1,9 |
| | | Superindo Sultan Agung | 137 | 4,5 |
| | | Mirota Kampus | 270 | 3,4 |
| | | Gardena Dept. Store | 220 | 2,5 |
| | | Superindo Jl. Solo | 290 | 2,8 |
| | | Perusahaan | - | 9,4 |
| TOTAL | | | 1956 | 32,8 |

Sisa kapasitas KBM pada rute ke 1 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - (170 + 213 + 173 + 260 + 223 + 137 + 270 + 220 + 290)$$

$$Q = 180 \text{ kg}$$

10. Langkah 10

Membuat rute baru.

- Rute 2

KBM yang digunakan pada rute ke-2 adalah PS 120. Kapasitas maksimal yang dapat diangkut oleh PS-120 adalah 2.000 kg, pelanggan dengan lokasi terdekat dari kendaraan dan belum pernah dikunjungi akan dikunjungi selanjutnya oleh KBM.

Berdasarkan Tabel 4.5. matriks jarak terdekat dari posisi KBM di perusahaan adalah Mirota Godean dengan jarak 6,4 km.

Tabel 4.11. Tujuan KBM Ke-1 Pada Rute 2

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|---------------|-----------------|-------------------|
| 2 | PS-120 | Perusahaan | - | - |
| | | Mirota Godean | 183 | 6,4 |
| TOTAL | | | 183 | 6,4 |

Sisa kapasitas KBM adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - 183$$

$$Q = 1.817 \text{ kg}$$

Tabel 4.12. Tujuan KBM Ke-2 Pada Rute 2

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------|
| 2 | PS-120 | Perusahaan | - | - |
| | | Mirota Godean | 183 | 6,4 |
| | | Superindo Godean | 155 | 0,5 |
| TOTAL | | | 338 | 6,9 |

Tur tujuan KBM selanjutnya adalah Superindo Godean, pelanggan PT Madubaru yang lokasinya terdekat dari Mirota Godean yaitu hanya 500 meter atau 0,5 km dengan demand sebanyak 155 kg, yang dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Sisa kapasitas KBM adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - (183 + 155)$$

$$Q = 1.662 \text{ kg}$$

Pelanggan selanjutnya yang akan dikunjungi pada rute 2 adalah Indogrosir, Superindo Kaliurang, Mirota Palagan, Superindo SCH, Superindo Seturan, Mirota

Babarsari, dan Carrefour Maguwo, dengan jumlah permintaan tiap pelanggan berbeda-beda. Berikut rincian jumlah permintaan dan jarak setiap pelanggan yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Tujuan KBM Pada Rute 2

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 2 | PS-120 | Perusahaan | - | - |
| | | Mirota Godean | 183 | 6,4 |
| | | Superindo Godean | 155 | 0,5 |
| | | Indogrosir | 595 | 5,9 |
| | | Superindo Kaliurang | 206 | 4 |
| | | Mirota Palagan | 158 | 3,7 |
| | | Superindo SCH | 125 | 6,3 |
| | | Superindo Seturan | 200 | 11 |
| | | Mirota Babarsari | 185 | 2 |
| | | Carrefour Maguwo | 112 | 0,6 |
| | | Perusahaan | - | 14,4 |
| TOTAL | | | 1919 | 54,8 |

Sisa kapasitas KBM pada rute ke-2 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - 1919$$

$$Q = 81 \text{ kg}$$

Sisa kapasitas yang dapat dimuat oleh KBM PS 120 adalah 81 kg, sehingga perlu membuat rute baru dengan menggunakan kendaraan selanjutnya yang ada di perusahaan yaitu Canter dengan nopol AB 8090 VT atau dapat disebut juga sebagai Canter VT, dengan kapasitas maksimal yaitu sebanyak 4.000 kg.

- Rute 3

Pelanggan yang berada di daerah Yogyakarta sebagian besar sudah terlayani, sehingga lokasi pelanggan yang terdekat dari PT Madubaru adalah Carrefour AMPLAZ dengan jarak sejauh 16 km.

Tabel 4.14. Tujuan KBM Ke-1 Pada Rute 3

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------|
| 3 | Canter VT | Perusahaan | - | - |
| | | Carrefour AMPLAZ | 165 | 16 |
| TOTAL | | | 165 | 16 |

Sisa kapasitas KBM pada rute ke-3 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 4.000 - 165$$

$$Q = 3835 \text{ kg}$$

Sisa kapasitas KBM yang masih tinggi sehingga kendaraan dapat melayani banyak pelanggan dalam sekali perjalanan dengan biaya yang lebih sedikit dikeluarkan.

Tujuan kunjungan KBM selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Tujuan KBM Pada Rute 3

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|-------------------------|-----------------|-------------------|
| 3 | Canter VT | Perusahaan | - | - |
| | | Carrefour AMPLAZ | 165 | 16 |
| | | Lotte Mart – Jogja | 213 | 5,8 |
| | | Carrefour Armada | 260 | 42,8 |
| | | Gardena Magelang | 235 | 4,4 |
| | | Superindo Diponegoro | 130 | 55,5 |
| | | Carrefour Spondol | 185 | 9,2 |
| | | Superindo Sukun Raya | 120 | 0,4 |
| | | Superindo Wahidin | 235 | 5,9 |
| | | Superindo Gajah Mungkur | 280 | 3,1 |

| | | |
|--------------------------|-------------|--------------|
| Superindo Candi | 245 | 1,2 |
| Lotte Mart – SMG | 240 | 5,8 |
| Superindo Majapahit | 135 | 2,2 |
| Superindo Soekarno-Hatta | 163 | 3,5 |
| Superindo Kranggan | 211 | 5,3 |
| Carrefour DP Mall | 198 | 1,7 |
| Superindo Siliwangi | 210 | 2,8 |
| Superindo Kedungmundu | 141 | 11,7 |
| Superindo Colomadu | 225 | 92,5 |
| Carrefour Pabelan | 180 | 4,3 |
| Carrefour Paragon | 183 | 6,1 |
| Perusahaan | - | 66,1 |
| TOTAL | 3954 | 346,3 |

kapasitas KBM yang tersisa pada rute ke-3 adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 4.000 - 3954$$

$$Q = 46 \text{ kg}$$

Rute tiga diselesaikan, hal ini karena seluruh pelanggan untuk daerah Semarang sudah terlayani dan juga sisa kapasitas yang dapat dimuat oleh KBM adalah 46 kg, sehingga pelanggan lain dilayani menggunakan kendaraan selanjutnya.

- Rute 4

Pelanggan yang berada di daerah Solo akan dilayani menggunakan KBM dengan tipe PS 100. KBM ini memiliki kapasitas sebanyak 2.000 kg. Rute terdekat dari PT Madubaru adalah Carrefour Solo Baru dengan jarak tempuh 69,8 km.

Tabel 4.16. Tujuan KBM Pada Rute 4

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 4 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Carrefour Solo Baru | 210 | 69,8 |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------|
| | | Lotte Mart -Solo | 233 | 4,5 |
| | | Perusahaan | - | 71,8 |
| TOTAL | | | 443 | 146,1 |

kapasitas KBM yang tersisa adalah:

$$Q = Q_{max} - Di$$

$$Q = 2.000 - 443$$

$$Q = 1.557 \text{ kg}$$

Kapasitas yang digunakan KBM dengan tipe PS 100 yaitu 443 kg dan kapasitas yang masih dapat digunakan sebesar 1.557 kg, namun semua pelanggan sudah dikunjungi. Sehingga KBM kembali ke tempat semula yaitu PT Madubaru.

11. Langkah 11

Semua pelanggan sudah dikunjungi.

12. Langkah 12

Rute dan tur distribusi terbentuk, selesai.

Tabel 4.17. Rute Usulan Awal PT Madubaru

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|------------|------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | PS-100 | AB 8460 YT | Perusahaan | - | 1956 | - | 32,8 |
| | | | Superindo Dongkelan | 170 | | 2,5 | |
| | | | Superindo Parangtritis | 213 | | 1,7 | |
| | | | Mirota Supeno | 173 | | 2,6 | |
| | | | Pamella Swalayan | 260 | | 1,5 | |
| | | | Superindo Perintis | 223 | | 1,9 | |
| | | | Superindo Sultan Agung | 137 | | 4,5 | |
| | | | Mirota Kampus | 270 | | 3,4 | |
| | | | Gardena Dept. Store | 220 | | 2,5 | |
| | | | Superindo Jl. Solo | 290 | | 2,8 | |
| | | | Perusahaan | - | | 9,4 | |
| 2 | PS-120 | AB 8252 WK | Perusahaan | - | 1919 | - | 54,8 |
| | | | Mirota Godean | 183 | | 6,4 | |
| | | | Superindo Godean | 155 | | 0,5 | |
| | | | Indogrosir | 595 | | 5,9 | |
| | | | Superindo Kaliurang | 206 | | 4 | |
| | | | Mirota Palagan | 158 | | 3,7 | |
| | | | | | | | |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 3 | Canter VT | AB 8090 VT | Superindo SCH | 125 | 3954 | 6,3 | 346,3 |
| | | | Superindo Seturan | 200 | | 11 | |
| | | | Mirota Babarsari | 185 | | 2 | |
| | | | Carrefour Maguwo | 112 | | 0,6 | |
| | | | Perusahaan | - | | 14,4 | |
| | | | Perusahaan | - | | - | |
| | | | Carrefour AMPLAZ | 165 | | 16 | |
| | | | Lotte Mart – Jogja | 213 | | 5,8 | |
| | | | Carrefour Armada | 260 | | 42,8 | |
| | | | Gardena Magelang | 235 | | 4,4 | |
| | | | Superindo Diponegoro | 130 | | 55,5 | |
| | | | Carrefour Srandol | 185 | | 9,2 | |
| | | | Superindo Sukun Raya | 120 | | 0,4 | |
| | | | Superindo Wahidin | 235 | | 5,9 | |
| | | | Superindo Gajah Mungkur | 280 | | 3,1 | |
| | | | Superindo Candi | 245 | | 1,2 | |
| | | | Lotte Mart – SMG | 240 | | 5,8 | |
| | | | Superindo Majapahit | 135 | | 2,2 | |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|------------|--------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 4 | PS-100 | AB 8460 YT | Superindo Soekarno-Hatta | 163 | 443 | 3,5 | 146,1 |
| | | | Superindo Kranggan | 211 | | 5,3 | |
| | | | Carrefour DP Mall | 198 | | 1,7 | |
| | | | Superindo Siliwangi | 210 | | 2,8 | |
| | | | Superindo Kedungmundu | 141 | | 11,7 | |
| | | | Superindo Colomadu | 225 | | 92,5 | |
| | | | Carrefour Pabelan | 180 | | 4,3 | |
| | | | Carrefour Paragon | 183 | | 6,1 | |
| | | | Perusahaan | - | | 66,1 | |
| | | | Perusahaan | - | | - | |
| | | | Carrefour Solo Baru | 210 | | 69,8 | |
| | | | Lotte Mart -Solo | 233 | | 4,5 | |
| | | | Perusahaan | - | | 71,8 | |

Berdasarkan langkah-langkah yang sudah dilewati di atas, rute distribusi usulan awal dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor* terdapat 4 rute yang terbentuk. Berikut ringkasan rute usulan yang terbentuk yang dapat dilihat pada Tabel 4.17. Pada rute usulan awal KBM yang digunakan sebanyak 3 dari 5 unit KBM yang dimiliki. Total jarak yang harus ditempuh untuk melakukan distribusi adalah sejauh 580 km dengan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp2.139.764,63- dalam satu minggu, dan Rp8.559.058,53- dalam sebulan.

4.2.2 Local Search

Rute usulan awal yang sudah ditentukan menggunakan algoritma *nearest neighbor* akan diperbaiki menggunakan metode *local search* dengan mengganti urutan kunjungan, namun masih dalam satu rute, ataupun mengganti titik kunjungan dengan rute yang lain. Berikut merupakan perbaikan rute usulan awal menggunakan *local search*.

1. Langkah 1

Masukan data yang dibutuhkan. Data yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 4.5., Tabel 4.3., dan Tabel 4.17.. Secara berturut-turut yaitu data jarak, kapasitas kendaraan dan juga rute usulan awal.

2. Langkah 2

Melakukan inisiasi awal rute. Menghitung rute dari 1 dan tur dimulai dari perusahaan sebagai lokasi awal KBM.

3. Langkah 3

Perhatikan rute yang sudah dibuat. Melihat rute usulan awal dari rute 1 sampai rute 4 dan memperhatikan rute mana yang dapat ditukar urutan kunjungan ataupun ditukar ke rute lain.

- Rute 1

Pada rute 1 terdapat urutan kunjungan yang ditukar, dengan mengganti urutan kunjungan pelanggan. Sehingga jarak tempuh KBM dalam melakukan distribusi dapat dihemat menjadi 27,5 km dari jarak sebelumnya sejauh 32,8 km. Dalam mengganti urutan kunjungan perlu memperhatikan kondisi jalan yaitu apakah rute yang dilalui adalah *one way* atau bukan.

Tabel 4.18. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 1

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Parangtritis | 213 | 3,8 |
| | | Mirota Supeno | 173 | 2,6 |
| | | Superindo Perintis | 223 | 2,3 |
| | | Pamella Swalayan | 260 | 2,5 |
| | | Superindo Jl. Solo | 290 | 4,5 |
| | | Gardena Dept. Store | 220 | 0,2 |
| | | Mirota Kampus | 270 | 1,7 |
| | | Superindo Sultan Agung | 137 | 3,5 |
| | | Superindo Dongkelan | 170 | 4,1 |
| | | Perusahaan | - | 2,3 |
| TOTAL | | | 1956 | 27,5 |

4. Langkah 4

Menghitung jarak rute baru. Jarak yang ditempuh pada rute 1 yang baru lebih rendah dari rute yang dihasilkan dari *nearest neighbor* yaitu $27,5 \text{ km} < 32,8 \text{ km}$.

5. Langkah 5

Lakukan hal yang sama untuk rute selanjutnya.

- Rute 2

Pada rute dua terdapat titik kunjungan yang dipindahkan ke rute selanjutnya. Hal ini dilakukan untuk dapat mengurangi jarak tempuh kendaraan, dan juga kapasitas pada rute selanjutnya memungkinkan untuk ditambah. Rute yang dipindahkan ke rute selanjutnya yaitu Superindo SCH dipindahkan ke rute 3, sedangkan Mirota Babarsari dan Carrefour Maguwo masuk ke rute 4. Berikut merupakan rincian rute baru tujuan KBM pada rute ke 2.

Tabel 4.19. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 2

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 2 | PS-120 | Perusahaan | - | - |
| | | Superindo Seturan | 200 | 16,5 |
| | | Superindo Kaliurang | 206 | 5,1 |
| | | Mirota Palagan | 158 | 3,7 |
| | | Indogrosir | 595 | 3,1 |
| | | Superindo Godean | 155 | 4,6 |
| | | Mirota Godean | 183 | 0,4 |
| | | Perusahaan | - | 6,2 |
| | | TOTAL | 1497 | 39,6 |

Rute 2 baru memiliki total jarak tempuh yang lebih kecil dari rute usulan menggunakan *nearest neighbor* yaitu sebesar 39,6 km, lebih kecil dari 54,8 km.

- Rute 3

Pada rute 3 terdapat 5 titik tujuan yang dipindahkan ke rute 4 yaitu Carrefour AMPLAZ, Lotte Mart – Jogja, Superindo Colomadu, Carrefour Pabelan, Carrefour Paragon. Sedangkan rute 3 pula mendapatkan titik kunjungan yaitu Superindo SCH dari rute 2. Hal tersebut berakibat pada jarak tempuh yang awalnya 346,3 km dapat dihemat menjadi 276 km. Berikut rincian rute 3 baru yang dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 3

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|----------------------|-----------------|-------------------|
| 3 | Canter VT | Perusahaan | - | - |
| | | Carrefour Armada | 260 | 46,4 |
| | | Superindo Diponegoro | 130 | 59 |
| | | Carrefour Spondol | 185 | 9,2 |
| | | Superindo Sukun Raya | 120 | 0,4 |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| | | Superindo Wahidin | 235 | 5,9 |
| | | Superindo Kedungmundu | 141 | 6,3 |
| | | Superindo Majapahit | 135 | 3,4 |
| | | Lotte Mart – SMG | 240 | 2,5 |
| | | Superindo Soekarno-Hatta | 163 | 3,3 |
| | | Superindo Kranggan | 211 | 5,3 |
| | | Carrefour DP Mall | 198 | 1,7 |
| | | Superindo Siliwangi | 210 | 2,8 |
| | | Superindo Gajah Mungkur | 280 | 5,2 |
| | | Superindo Candi | 245 | 1,2 |
| | | Gardena Magelang | 235 | 70,9 |
| | | Superindo SCH | 125 | 34,6 |
| | | Perusahaan | - | 17,9 |
| TOTAL | | | 3113 | 276 |

- Rute 4

Tabel 4.21. Rute Baru Tujuan KBM Pada Rute 4

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 4 | PS-100 | Perusahaan | - | - |
| | | Carrefour AMPLAZ | 165 | 16 |
| | | Mirota Babarsari | 185 | 1,5 |
| | | Carrefour Maguwo | 112 | 0,6 |
| | | Lotte Mart – Jogja | 213 | 4,8 |
| | | Carrefour Solo Baru | 210 | 55,6 |
| | | Lotte Mart – Solo | 233 | 7,7 |
| | | Carrefour Paragon | 183 | 3,5 |
| | | Carrefour Pabelan | 180 | 5,3 |
| | | Superindo Colomadu | 225 | 4,5 |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Rute | Permintaan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) |
|--------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|
| | | Perusahaan | - | 66,1 |
| TOTAL | | | 1706 | 165,6 |

Di rute 4 terdapat 5 penambahan titik tujuan. Sehingga total jarak tempuh KBM akan bertambah yang awalnya 146,1 km menjadi 165,6 km. Namun meningkatkan muatan KBM dari 443 kg menjadi 1706 kg. KBM pada rute 4 memiliki jumlah muatan yang lumayan sedikit, sehingga titik tujuan KBM dapat ditambah dari rute lain guna memperpendek total jarak tempuh KBM dan juga memaksimalkan kapasitas KBM.

6. Langkah 6

Pelanggan yang sudah dikunjungi akan ditandai, sehingga KBM tidak akan mengunjungi dan melayani untuk kedua kalinya.

7. Langkah 7

Menghitung rute yang sudah terbentuk yaitu 4 rute atau $i = 4$.

8. Langkah 8

Seluruh pelanggan sudah dikunjungi. Rute dan tur distribusi terbentuk, prosedur selesai.

Tabel 4.22. Rute Usulan Akhir PT Madubaru

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|----------|-----------|------------|------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | PS-100 | AB 8460 YT | Perusahaan | - | 1956 | - | 27,5 |
| | | | Superindo Parangtritis | 213 | | 3,8 | |
| | | | Mirota Supeno | 173 | | 2,6 | |
| | | | Superindo Perintis | 223 | | 2,3 | |
| | | | Pamella Swalayan | 260 | | 2,5 | |
| | | | Superindo Jl. Solo | 290 | | 4,5 | |
| | | | Gardena Dept. Store | 220 | | 0,2 | |
| | | | Mirota Kampus | 270 | | 1,7 | |
| | | | Superindo Sultan Agung | 137 | | 3,5 | |
| | | | Superindo Dongkelan | 170 | | 4,1 | |
| | | | Perusahaan | - | | 2,3 | |
| 2 | PS-120 | AB 8252 WK | Perusahaan | - | 1497 | - | 39,6 |
| | | | Superindo Seturan | 200 | | 16,5 | |
| | | | Superindo Kaliurang | 206 | | 5,1 | |
| | | | Mirota Palagan | 158 | | 3,7 | |
| | | | Indogrosir | 595 | | 3,1 | |
| | | | Superindo Godean | 155 | | 4,6 | |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|-----------------|------------------|--------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 3 | Canter VT | AB 8090 VT | Mirota Godean | 183 | 3113 | 0,4 | 276 |
| | | | Perusahaan | - | | 6,2 | |
| | | | Perusahaan | - | | - | |
| | | | Carrefour Armada | 260 | | 46,4 | |
| | | | Superindo Diponegoro | 130 | | 59 | |
| | | | Carrefour Spondol | 185 | | 9,2 | |
| | | | Superindo Sukun Raya | 120 | | 0,4 | |
| | | | Superindo Wahidin | 235 | | 5,9 | |
| | | | Superindo Kedungmundu | 141 | | 6,3 | |
| | | | Superindo Majapahit | 135 | | 3,4 | |
| | | | Lotte Mart – SMG | 240 | | 2,5 | |
| | | | Superindo Soekarno-Hatta | 163 | | 3,3 | |
| | | | Superindo Kranggan | 211 | | 5,3 | |
| | | | Carrefour DP Mall | 198 | | 1,7 | |
| | | | Superindo Siliwangi | 210 | | 2,8 | |
| | | | Superindo Gajah Mungkur | 280 | | 5,2 | |
| | | | Superindo Candi | 245 | | 1,2 | |
| | | | Gardena Magelang | 235 | | 70,9 | |

| Rute Ke- | Jenis KBM | Nopol | Rute | Demand (Kg) | Total Muatan (Kg) | Jarak Tempuh (Km) | Total Jarak Tempuh (Km) |
|-----------------|------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 4 | PS-100 | AB 8460 YT | Superindo SCH | 125 | 1706 | 34,6 | 165,6 |
| | | | Perusahaan | - | | 17,9 | |
| | | | Perusahaan | - | | - | |
| | | | Carrefour AMPLAZ | 165 | | 16 | |
| | | | Mirota Babarsari | 185 | | 1,5 | |
| | | | Carrefour Maguwo | 112 | | 0,6 | |
| | | | Lotte Mart – Jogja | 213 | | 4,8 | |
| | | | Carrefour Solo Baru | 210 | | 55,6 | |
| | | | Lotte Mart – Solo | 233 | | 7,7 | |
| | | | Carrefour Paragon | 183 | | 3,5 | |
| | | | Carrefour Pabelan | 180 | | 5,3 | |
| | | | Superindo Colomadu | 225 | | 4,5 | |
| | | | Perusahaan | - | | 66,1 | |

Pada Tabel 4.22. merupakan ringkasan rute jalur distribusi yang sudah diperbaiki menggunakan metode *local search* dengan cara mengganti urutan kunjungan ke pelanggan namun masih dalam satu rute, ataupun mengganti kunjungan pelanggan ke rute yang lain. Perbaikan rute bertujuan untuk memperbaiki rute sebelumnya untuk menghasilkan rute yang lebih optimal. Jarak tempuh yang dapat dihemat adalah 71,3 km dari rute usulan awal.

4.2.3 Biaya Distribusi

Biaya distribusi merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan distribusi, jenis biaya yang dikeluarkan dapat meliputi biaya tetap, biaya variabel, ataupun biaya semi variabel.

a. Biaya Tetap

Biaya tetap atau *fixed cost* merupakan biaya yang dikeluarkan oleh PT Madubaru untuk melakukan distribusi gula secara tetap, tidak memperhatikan jarak yang ditempuh dan juga kapasitas yang diangkut. Berikut merupakan biaya tetap yang dikeluarkan dalam proses distribusi produk gula.

Tabel 4.23. menunjukan biaya depresiasi dari KBM yang dimiliki oleh PT Madubaru dengan usia ekonomis yang diterapkan adalah 8 tahun. Hal ini mengacu pada Undang-Undang nomor 36 tahun 2008 tentang Masa Manfaat Harta Penyusutan Fiskal dan berdasarkan peraturan Menteri Keuangan nomor 96/PMK.03/2009 mengenai Jenis-Jenis Harta Yang Berwujud Bukan Bangunan Untuk Keperluan Penyusutan, sedangkan untuk KBM yang digunakan PT Madubaru termasuk ke dalam kelompok 2.

Tabel 4.23. Biaya Depresiasi KBM Investasi

| Tipe KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Tahun Beli | Biaya Investasi (Rp) | Usia Pakai (Thn) | Usia Ekonomis (Thn) | Depresiasi Per Hari (Rp) |
|----------|----------------------|------------|----------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| L 300 | AB 8079 WB | 2011 | 144.900.000 | 11 | 8 | 49.632 |
| PS 120 | AB 8252 WK | 2013 | 357.500.000 | 9 | 8 | 122.431 |
| PS 100 | AB 8460 YT | 2006 | 266.000.000 | 16 | 8 | 91.096 |
| Canter | AB 8090 VT | 2011 | 450.500.000 | 11 | 8 | 154.281 |
| Canter | AB 8491 WB | 2011 | 450.500.000 | 11 | 8 | 154.281 |

Tabel 4.24. biaya Perawatan KBM Investasi

| Tipe KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Jenis Perawatan | Biaya Perawatan 2021 (Rp) | Biaya Per Hari (Rp) |
|-----------------|-----------------------------|--|----------------------------------|----------------------------|
| L 300 | AB 8079 WB | Ganti Ban, <i>Spare Part</i> , Kampas rem, biaya tak terduga, Dll. | 16.815.250 | 46.069 |
| PS 120 | AB 8252 WK | Ganti Ban, <i>Spare Part</i> , Kampas rem, biaya tak terduga, Dll. | 7.659.500 | 20.985 |
| PS 100 | AB 8460 YT | Ganti Ban, <i>Spare Part</i> , Kampas rem, biaya tak terduga, Dll. | 12.374.688 | 31.163 |
| Canter | AB 8090 VT | Ganti Ban, <i>Spare Part</i> , Kampas rem, biaya tak terduga, Dll. | 8.035.000 | 16.534 |
| Canter | AB 8491 WB | Ganti Ban, <i>Spare Part</i> , Kampas rem, biaya tak terduga, Dll. | 8.625.053 | 17.603 |

Pada Tabel 4.24. di atas, menjelaskan biaya yang dikeluarkan oleh PT Madubaru untuk melakukan perawatan kendaraan investasi mereka dalam satu tahun, yaitu pada tahun 2021. Biaya yang dikeluarkan juga bervariasi dan banyak faktor yang mempengaruhi seperti kapasitas angkutan, jarak tempuh, hingga cara *driver* mengendarai kendaraan tersebut, bahkan kendaraan yang jarang digunakan sekalipun dapat menjadi faktor dalam perawatan KBM.

Tabel 4.25. Biaya Tenaga Kerja

| Pengeluaran | Petugas per Rute | Gaji (Rp) | Biaya Per Hari 2 orang (Rp) |
|--------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|
| Tenaga Kerja | 2 | 1.916.848 | 127.790 |

Biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh PT Madubaru untuk petugas distribusi yaitu *driver* dapat dilihat pada Tabel 4.25. Angka upah tenaga kerja telah ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur D.I. Yogyakarta 373/KEP/2021 tentang Penetapan Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) Tahun 2022.

b. Biaya Variabel

Biaya variabel merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan distribusi. Nominal dari biaya variabel dapat berubah-ubah sesuai dengan jarak yang ditempuh oleh KBM dalam proses distribusi, hal ini dapat terjadi karena biaya variabel

memperhatikan jarak yang ditempuh oleh KBM. Berikut merupakan biaya variabel yang dikeluarkan oleh PT Madubaru dalam proses distribusi.

Tabel 4.26. Biaya Variabel Bahan Bakar

| Tipe KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Kapasitas (Kg) | BBM (Km/L) | Harga BBM Solar per liter (Rp) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| L 300 | AB 8079 WB | 700 | 7 | 5150 |
| PS 120 | AB 8252 WK | 2.000 | 5 | |
| PS 100 | AB 8460 YT | 2.000 | 5 | |
| Canter | AB 8090 VT | 4.000 | 6 | |
| Canter | AB 8491 WB | 4.000 | 6 | |

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan biaya variabel yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya BBM yang nominalnya akan selalu bergerak sesuai dengan jarak yang ditempuh oleh kendaraan. Sehingga semakin jauh jarak tempuh kendaraan, semakin besar pula biaya BBM yang harus dikeluarkan. Untuk Penggunaan BBM pada jenis KBM yang dimiliki perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.27. Biaya Variabel Oli Kendaraan

| Tipe KBM | Nomor Polisi (Nopol) | Kapasitas (Kg) | Biaya Ganti Oli / 5000 km (Rp) | Biaya / Km (Rp) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| L 300 | AB 8079 WB | 700 | 880.000 | 176 |
| PS 120 | AB 8252 WK | 2.000 | 1.680.000 | 336 |
| PS 100 | AB 8460 YT | 2.000 | 1.850.000 | 370 |
| Canter | AB 8090 VT | 4.000 | 2.300.000 | 460 |
| Canter | AB 8491 WB | 4.000 | 2.300.000 | 460 |

Biaya penggantian oli kendaraan investasi PT Madubaru dapat dilihat pada Tabel 4.27.. Biaya penggantian oli dapat dikategorikan dalam biaya variabel, karena dalam penggantian oli mengacu kepada jarak tempuh kendaraan. Dalam 5.000 km sekali, kendaraan perlu dilakukan penggantian oli secara rutin untuk menjaga performa mesin.

c. Biaya Semi Variabel

Biaya semi variabel dalam proses distribusi adalah biaya yang berubah sesuai dengan perubahan volume kegiatan distribusi, namun perubahannya tidak sebanding dengan

perubahan kegiatan yang ditimbulkan. Berikut merupakan biaya semi variabel yang dikeluarkan oleh PT Madubaru dalam proses distribusi produk gula.

Tabel 4.28. Biaya Semi Variabel

| Pengeluaran | Petugas distribusi | Banyak | Biaya Satuan (Rp) |
|-------------|--------------------|---------------------------|-------------------|
| Makan | 2 | Setiap pengantaran 1 kali | 11.000 |
| Parkir | - | Setiap pelanggan 1 kali | 5000 |

Biaya lain yang perlu dikeluarkan oleh PT Madubaru adalah biaya semi variabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.28. Biaya tersebut meliputi biaya makan dan juga biaya parkir. Biaya makan dapat dikatakan biaya semi variabel karena meningkatnya frekuensi distribusi mengakibatkan biaya makan yang dikeluarkan bertambah. Namun penambahan biaya yang dikeluarkan tidak sebanding dengan kegiatan yang bertambah. Begitu pula untuk biaya parkir kendaraan.

Dalam melakukan distribusi, perusahaan tentunya perlu mengeluarkan biaya. Namun, sebagai perusahaan pasti menginginkan biaya yang dikeluarkan adalah yang terkecil. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan biaya distribusi adalah biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semi variabel. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.23., hingga Tabel 4.28.. Berikut merupakan biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan untuk distribusi gula:

1. Rute awalan yang sudah dimiliki perusahaan

Sebelum dilakukan penelitian, perusahaan memiliki rute yang sudah mereka gunakan untuk melakukan proses distribusi produk ke pelanggan. Perusahaan memiliki 8 rute dengan menggunakan seluruh KBM yang mereka miliki yaitu berjumlah 5 kendaraan. Biaya yang dikeluarkan untuk setiap rute perjalanan dapat dilihat pada Tabel 4.29.

2. Rute usulan awal menggunakan algoritma *nearest neighbor*

Rute usulan yang dihasilkan dari algoritma *nearest neighbor* terdapat 4 rute dengan jumlah kunjungan berbeda-beda. KBM yang digunakan oleh perusahaan hanya 3 unit kendaraan dari 5 kendaraan yang dimiliki perusahaan. Biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan distribusi adalah sebagai berikut yang dapat dilihat pada Tabel 4.30.

3. Rute usulan akhir menggunakan *local search*

Rute usulan awal dilakukan perbaikan menggunakan *local search* sehingga hasil yang didapat merupakan rute usulan akhir dengan nilai yang lebih optimal. Pada rute usulan akhir Bagian Pemasaran dan Distribusi menggunakan 3 unit KBM dari 5 unit KBM yang dimiliki. Rincian penggunaan biaya dalam proses distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.31.



Tabel 4.29. Biaya Distribusi Rute Awalan

| Rute Ke- | Jenis KBM | Total Kunjungan | Driver (Org) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya Tetap (Rp) | Biaya Variabel (Rp) | Biaya Semi Variabel (Rp) | Total Biaya (Rp) |
|--------------|-----------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | L 300 | 2 | 2 | 106,3 | 223.491 | 96.915,23 | 32.000 | 352.406,23 |
| 2 | PS 120 | 6 | 2 | 52,2 | 271.206 | 71.305,20 | 52.000 | 394.511,20 |
| 3 | PS 100 | 5 | 2 | 162 | 250.049 | 226.800 | 47.000 | 523.849 |
| 4 | Canter VT | 6 | 2 | 256,7 | 298.605 | 338.416,17 | 52.000 | 689.021,17 |
| 5 | Canter WB | 7 | 2 | 36,2 | 299.674 | 47.723,67 | 57.000 | 404.397,67 |
| 6 | L 300 | 1 | 2 | 24,8 | 223.491 | 22.610,51 | 27.000 | 273.101,51 |
| 7 | Canter VT | 7 | 2 | 283 | 298.605 | 373.088,33 | 57.000 | 728.693,33 |
| 8 | PS 120 | 6 | 2 | 24 | 271.206 | 32.784 | 52.000 | 255.990 |
| TOTAL | | 40 | 16 | 945,2 | 2.136.327 | 1.209.643,11 | 376.000 | 3.721.790,11 |

Tabel 4.30. Biaya Distribusi Rute Usulan Awal

| Rute Ke- | Jenis KBM | Total Kunjungan | Driver (Org) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya Tetap (Rp) | Biaya Variabel (Rp) | Biaya Semi Variabel (Rp) | Total Biaya (Rp) |
|--------------|-----------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | PS 100 | 9 | 2 | 32,8 | 250.049 | 45.920 | 67.000 | 362.969 |
| 2 | PS 120 | 9 | 2 | 54,8 | 271.206 | 74.8590 | 67.000 | 413.062.80 |
| 3 | Canter VT | 20 | 2 | 346,3 | 298.605 | 456.538,83 | 122.000 | 877.143,83 |
| 4 | PS 100 | 2 | 2 | 146,1 | 250.049 | 204.540 | 32.000 | 486.589 |
| TOTAL | | 40 | 8 | 580 | 1.069.909 | 781.855,63 | 288.000 | 2.139.764,63 |

Tabel 4.31. Biaya Distribusi Rute Usulan Akhir

| Rute Ke- | Jenis KBM | Total Kunjungan | Driver (Org) | Jarak Tempuh (Km) | Biaya Tetap (Rp) | Biaya Variabel (Rp) | Biaya Semi Variabel (Rp) | Total Biaya (Rp) |
|--------------|-----------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | PS 100 | 9 | 2 | 27,3 | 250.049 | 38.500 | 67.000 | 355.549 |
| 2 | PS 120 | 6 | 2 | 39,6 | 271.206 | 54.093,60 | 52.000 | 377.299,60 |
| 3 | Canter VT | 16 | 2 | 276 | 298.605 | 363.860 | 102.000 | 764.465 |
| 4 | PS 100 | 9 | 2 | 165 | 250.049 | 231.840 | 67.000 | 548.889 |
| TOTAL | | 40 | 8 | 508,7 | 1.069.909 | 688.293,60 | 288.000 | 2.046.202,60 |

4.3 Verifikasi Model Matematika

Verifikasi merupakan pemeriksaan atau melakukan pengecekan untuk mengetahui kebenaran tentang suatu hal. Dalam penelitian ini verifikasi dilakukan untuk memeriksa dalam model matematika yang menggambarkan apakah solusi yang dihasilkan oleh algoritma *nearest neighbor* dan *local search* melakukan penyimpangan atau tidak mengenai ketentuan metode optimasi yang telah digunakan.

1. Fungsi Tujuan, *minimize*

Dalam menghitung fungsi tujuan, melakukan penjumlahan untuk semua biaya seperti *fixed cost*, *variable cost*, dan *semi-variable cost*. Dengan melakukan penjumlahan untuk semua biaya tersebut, biaya distribusi dapat diketahui. Berikut model matematika yang digunakan sebagai verifikasi menggunakan rumus 2.1.

Biaya distribusi =

$$Z = \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k=K} f_k x_{ij}^k + \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k=K} c_{ij}^k x_{ij}^k$$

$$\begin{aligned} Z = & \sum ((f_1 x_{00}^1 + f_1 x_{01}^1 + f_1 x_{02}^1 + f_1 x_{03}^1 + \dots + f_1 x_{4038}^1 + f_1 x_{4039}^1 + f_1 x_{4040}^1) + \\ & (f_2 x_{00}^2 + f_2 x_{01}^2 + f_2 x_{02}^2 + f_2 x_{03}^2 + \dots + f_2 x_{4038}^2 + f_2 x_{4039}^2 + f_2 x_{4040}^2) + (f_3 x_{00}^3 + \\ & f_3 x_{01}^3 + f_3 x_{02}^3 + f_3 x_{03}^3 + \dots + f_3 x_{4038}^3 + f_3 x_{4039}^3 + f_3 x_{4040}^3) + (f_4 x_{00}^4 + f_4 x_{01}^4 + \\ & f_4 x_{02}^4 + f_4 x_{03}^4 + \dots + f_4 x_{4038}^4 + f_4 x_{4039}^4 + f_4 x_{4040}^4) + (f_5 x_{00}^5 + f_5 x_{01}^5 + f_5 x_{02}^5 + \\ & f_5 x_{03}^5 + \dots + f_5 x_{4038}^5 + f_5 x_{4039}^5 + f_5 x_{4040}^5)) + ((c_{00}^1 x_{00}^1 + c_{01}^1 x_{01}^1 + \dots + c_{4039}^1 x_{4040}^1 + \\ & c_{4040}^1 x_{4040}^1) + (c_{00}^2 x_{00}^2 + c_{01}^2 x_{01}^2 + \dots + c_{4039}^2 x_{4040}^2 + c_{4040}^2 x_{4040}^2) + (c_{00}^3 x_{00}^3 + \\ & c_{01}^3 x_{01}^3 + \dots + c_{4039}^3 x_{4040}^3 + c_{4040}^3 x_{4040}^3) + (c_{00}^4 x_{00}^4 + c_{01}^4 x_{01}^4 + \dots + c_{4039}^4 x_{4040}^4 + \\ & c_{4040}^4 x_{4040}^4) + (c_{00}^5 x_{00}^5 + c_{01}^5 x_{01}^5 + \dots + c_{4039}^5 x_{4040}^5 + c_{4040}^5 x_{4040}^5)) \end{aligned}$$

2. Memastikan setiap pelanggan dikunjungi

Pelanggan yang memesan gula tentunya harus dikunjungi untuk memenuhi permintaan, sehingga semua pelanggan harus dikunjungi oleh KBM dalam distribusi. Berikut merupakan model matematika yang memastikan bahwa setiap pelanggan pasti dikunjungi oleh KBM (rumus 2.2).

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$j = 1$$

$$\sum (x_{01}^1 + x_{11}^1 + \dots + x_{21}^2 + x_{31}^2 + \dots + x_{41}^3 + x_{52}^3 + \dots + x_{61}^4 + x_{71}^4 + \dots + x_{391}^5 + x_{401}^5 = 1$$

$$j = 2$$

$$\sum (x_{02}^1 + x_{12}^1 + \dots + x_{22}^2 + x_{32}^2 + \dots + x_{42}^3 + x_{52}^3 + \dots + x_{62}^4 + x_{72}^4 + \dots + x_{392}^5 + x_{402}^5 = 1$$

$$\vdots$$

$$j = 39$$

$$\sum (x_{039}^1 + x_{139}^1 + \dots + x_{239}^2 + \dots + x_{439}^3 + x_{539}^3 + \dots + x_{639}^4 + x_{739}^4 + \dots + x_{4039}^5 = 1$$

$$j = 40$$

$$\sum (x_{040}^1 + x_{140}^1 + \dots + x_{240}^2 + \dots + x_{340}^3 + x_{440}^3 + \dots + x_{540}^4 + x_{640}^4 + \dots + x_{4040}^5 = 1$$

3. Memastikan setiap pelanggan ditinggalkan

Pelanggan yang dikunjungi oleh kendaraan distribusi tentunya akan ditinggalkan lagi setelah permintaannya terpenuhi, dan KBM akan berlanjut ke pelanggan selanjutnya ataupun kembali lagi ke perusahaan. Berikut merupakan verifikasi model matematika yang memastikan bahwa setiap pelanggan ditinggalkan oleh KBM (rumus 2.3).

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$i = 1$$

$$\sum (x_{10}^1 + x_{11}^1 + \dots + x_{12}^2 + x_{13}^2 + \dots + x_{14}^3 + x_{15}^3 + \dots + x_{16}^4 + x_{17}^4 + \dots + x_{139}^5 + x_{140}^5 = 1$$

$$i = 2$$

$$\sum (x_{20}^1 + x_{21}^1 + \dots + x_{22}^2 + x_{23}^2 + \dots + x_{24}^3 + x_{25}^3 + \dots + x_{26}^4 + x_{27}^4 + \dots + x_{239}^5 + x_{240}^5 = 1$$

$$\vdots$$

$$i = 39$$

$$\sum (x_{390}^1 + x_{391}^1 + \dots + x_{392}^2 + \dots + x_{394}^3 + x_{395}^3 + \dots + x_{396}^4 + x_{397}^4 + \dots + x_{3940}^5 = 1$$

$$i = 40$$

$$\sum (x_{400}^1 + x_{401}^1 + \dots + x_{402}^2 + \dots + x_{404}^3 + x_{405}^3 + \dots + x_{406}^4 + x_{407}^4 + \dots + x_{4040}^5 = 1$$

4. Memastikan KBM tidak melebihi kapasitas maksimal

Setiap kendaraan tentunya memiliki kapasitas maksimal yang dapat diangkut, begitu pula untuk KBM yang digunakan oleh perusahaan. Sehingga, kapasitas yang dibawa oleh suatu KBM tidak boleh melebihi kapasitas maksimalnya. Kapasitas maksimal KBM yang dimiliki oleh perusahaan berbeda-beda sesuai dengan tipe kendaraanya. Berikut merupakan model matematika yang memastikan setiap KBM tidak membawa kapasitas yang melebihi kapasitas maksimalnya yang menggunakan rumus 2.4.

$$\sum_{d \in D} y_{ij}^{dk} \leq \sum_{k \in K} x_{ij}^k Q_k, \forall k \in K, (i, j) \in A$$

$$k = 1$$

$$\sum (y_{00}^n + y_{01}^{n+n} + \dots + y_{02}^{n+n} + y_{03}^{n+n} + \dots + y_{04}^{n+n} + y_{05}^{n+n} + \dots + y_{4039}^{n+n} + y_{4040}^{n+n} \leq Q_k$$

$$k = 2$$

$$\sum (y_{00}^n + y_{01}^{n+n} + \dots + y_{02}^{n+n} + y_{03}^{n+n} + \dots + y_{04}^{n+n} + y_{05}^{n+n} + \dots + y_{4039}^{n+n} + y_{4040}^{n+n} \leq Q_k$$

$$k = 3$$

$$\sum (y_{00}^n + y_{01}^{n+n} + \dots + y_{02}^{n+n} + y_{03}^{n+n} + \dots + y_{04}^{n+n} + y_{05}^{n+n} + \dots + y_{4039}^{n+n} + y_{4040}^{n+n} \leq Q_k$$

$$k = 4$$

$$\sum (y_{00}^n + y_{01}^{n+n} + \dots + y_{02}^{n+n} + y_{03}^{n+n} + \dots + y_{04}^{n+n} + y_{05}^{n+n} + \dots + y_{4039}^{n+n} + y_{4040}^{n+n} \leq Q_k$$

$$k = 5$$

$$\sum (y_{00}^n + y_{01}^{n+n} + \dots + y_{02}^{n+n} + y_{03}^{n+n} + \dots + y_{04}^{n+n} + y_{05}^{n+n} + \dots + y_{4039}^{n+n} + y_{4040}^{n+n} \leq Q_k$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Rute Distribusi dan Biaya

5.1.1 Rute Awal

Rute awal merupakan rute yang sudah digunakan perusahaan untuk melakukan distribusi produk gula mereka. Berdasarkan wawancara dengan Kepala Bagian Pemasaran dan juga *Driver* kendaraan distribusi PT Madubaru, penentuan rute yang digunakan sepenuhnya berdasarkan subjektivitas *driver* dalam menentukan rute dan juga urutan kunjungan ke pelanggan.

Hasil dari wawancara dengan *driver*, terdapat delapan rute yang terbentuk untuk melakukan kunjungan ke semua pelanggan yang berjumlah 40 pelanggan dan tersebar beberapa tempat yaitu di Yogyakarta, Solo, Magelang, dan juga Semarang. Sebagian besar pelanggan berada di daerah Yogyakarta dan juga Semarang dengan jumlah secara berturut-turut adalah 20 pelanggan dan 13 pelanggan, sedangkan untuk pelanggan yang berada di Solo terdapat 5 pelanggan, dan 2 pelanggan berada di Magelang. Dari 8 rute yang ada, rata-rata penggunaan KBM yang digunakan dalam distribusi adalah sebesar 52,6% dari total kapasitas maksimal yang dapat diangkut oleh KBM. Rute 6 merupakan rute dengan penggunaan kapasitas KBM tertinggi yaitu 85% dan yang terendah ada pada rute 4 sekitar 29,9%.

Dalam melakukan distribusi, perusahaan melakukan pengiriman yang terbagi menjadi 2 hari kerja, dengan hari pertama terdapat 5 rute yaitu dari rute 1 hingga rute 5 dengan kendaraan yang digunakan adalah seluruh KBM yang dimiliki oleh perusahaan yaitu L-300, PS-120, PS-100, Canter VT dan juga Canter WB, sedangkan di hari ke 2 terdapat rute 6 hingga rute 8 dengan menggunakan jenis KBM L-300, Canter VT, dan juga PS-120. Total jarak yang harus ditempuh oleh KBM dalam melakukan distribusi gula adalah sejauh 945,2 km, dengan total permintaan gula yang harus dipenuhi adalah 8.272 kg. Rute distribusi terjauh ada pada rute 7 dengan jarak tempuh sejauh 283 km untuk mengunjungi 7 pelanggan di daerah Semarang, kemudian disusul oleh Rute 4 dengan jarak tempuh 256,7 km untuk melayani 6 pelanggan di Semarang, dan di urutan

ketiga ada rute 3 dengan jenis KBM yang digunakan adalah PS-100 yang menempuh jarak sejauh 162 km dan terdapat 5 pelanggan yang dikunjungi. Sedangkan untuk rute dengan jarak tempuh terpendek yaitu rute 8 dengan jarak yang ditempuh oleh KBM untuk melakukan distribusi sejauh 24 km dan melayani ke 6 pelanggan yang berada di daerah Yogyakarta.

5.1.2 Jarak Tempuh

Dalam melakukan distribusi ke pelanggan, perusahaan tentunya menggunakan KBM dan harus menempuh jarak tertentu untuk dapat mengunjungi dan melayani pelanggan tersebut. Dalam menghitung jarak tempuh peneliti menggunakan bantuan *google maps*, namun tetap dengan memperhatikan jalur yang biasanya digunakan oleh perusahaan serta jenis rute yang dipilih seperti *oneway* atau tidak.

Peneliti mengumpulkan data jarak dari perusahaan ke 40 pelanggan, dan juga jarak antar tiap pelanggan ke pelanggan. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah dalam menentukan rute distribusi dengan menggunakan metode yang sudah ditentukan yaitu Algoritma *Nearest Neighbor* dan *Local Search*.

5.1.3 Biaya Distribusi

Biaya distribusi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan pengiriman barang, biaya yang harus dikeluarkan meliputi biaya tetap, biaya variabel, dan juga biaya semi variabel.

1. Biaya Tetap

Biaya tetap atau *fixed cost* merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan secara tetap untuk setiap periodenya. Untuk biaya tetap terdapat beberapa komponen yang mempengaruhinya seperti biaya depresiasi KBM investasi, biaya perawatan KBM, dan biaya tenaga kerja.

Biaya depresiasi KBM yang dimiliki oleh perusahaan memiliki angka yang berbeda-beda untuk setiap tipe KBM. Usia ekonomis kendaraan yang diterapkan adalah 8 tahun, hal ini mengacu pada Undang-Undang nomor 36 tahun 2008 tentang Masa Manfaat Harta Penyusutan Fiskal dan berdasarkan peraturan Menteri Keuangan nomor 96/PMK.03/2009 mengenai Jenis-Jenis Harta Yang Berwujud Bukan Bangunan Untuk Keperluan Penyusutan. KBM yang digunakan perusahaan untuk distribusi termasuk ke dalam kelompok 2.

Untuk tipe KBM L-300 yang dibeli pada tahun 2011 dengan biaya investasi yaitu sebesar 144,9 juta rupiah memiliki biaya depresiasi setiap harinya sebesar Rp49.632,-. Sedangkan untuk PS-120 yang sudah dibeli sejak tahun 2013 dengan biaya yang dikeluarkan untuk investasi sebesar 357,5 juta rupiah memiliki biaya depresiasi per hari adalah Rp122.431,-, PS-100 merupakan KBM dengan masa pembelian terlama yaitu pada tahun 2006 dengan biaya investasi sebesar 266 juta rupiah dan untuk biaya depresiasi KBM sebesar Rp91.096,- per hari. Untuk KBM Canter dengan nomor polisi AB 8090 VT dan AB 8491 WB dibeli pada tahun yang sama dengan biaya yang dikeluarkan untuk setiap kendaraan sebesar 450,5 juta rupiah dan biaya depresiasi sebesar Rp154.281,-.

Kendaraan atau KBM yang dimiliki oleh perusahaan tentunya perlu dilakukan perawatan untuk menjaga performa kendaraan pada saat digunakan. Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan juga bervariasi, banyak faktor yang mempengaruhi seperti jenis kendaraan, kapasitas angkutan, jarak tempuh, hingga cara *driver* mengendarai kendaraan tersebut, bahkan kendaraan yang jarang digunakan sekalipun dapat menjadi faktor dalam perawatan KBM. Biaya perawatan KBM dalam satu tahun yaitu pada tahun 2021 yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk jenis L-300, PS-120, PS-100, dan Canter VT serta Canter WB secara berturut-turut adalah Rp16.815.250,-, Rp7.659.500,-, Rp12.374.688,-, Rp8.035.000,-, dan Rp8.625.053,-. Biaya perhari yang dikeluarkan sekitar Rp46.069,-, Rp20.985,-, Rp31.163,-, Rp16.534,-, dan Rp17.603,-. Biaya tersebut diperoleh dari membagi biaya yang dikeluarkan selama setahun dengan 365 hari.

Biaya tenaga kerja termasuk ke dalam biaya tetap dengan nominal yang dikeluarkan sama untuk setiap periodenya, untuk biaya yang harus dikeluarkan setiap bulannya untuk tiap karyawan adalah sebesar Rp1.916.848,- sesuai dengan UMK Kabupaten Bantul. Angka upah tenaga kerja tersebut telah ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur D.I. Yogyakarta 373/KEP/2021 tentang Penetapan Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) Tahun 2022. Rp63.895,- merupakan jumlah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan setiap hari untuk gaji satu *driver*.

2. Biaya Variabel

Komponen biaya Variabel dalam proses distribusi gula di PT Madubaru meliputi biaya bahan bakar dan juga biaya ganti oli kendaraan. Biaya bahan bakar termasuk ke dalam biaya variabel dikarenakan penggunaan bahan bakar atau BBM yang

berbanding lurus dengan jarak tempuh kendaraan. Semakin jauh jarak yang ditempuh oleh KBM, semakin besar pula biaya BBM yang dikeluarkan oleh perusahaan. Untuk biaya variabel bahan bakar, tiap jenis KBM memiliki konsumsi bahan bakar yang berbeda-beda. Untuk tipe L-300 menghabiskan BBM sebanyak 1 liter untuk setiap 7 km atau 7 km/L, sedangkan untuk PS-120 dan PS-100 memiliki konsumsi BBM yang sama yaitu sekitar 5 km/L, dan untuk Canter VT ataupun Canter WB menghabiskan 1 liter solar dalam 6 km perjalanan atau 6 km/L.

Oli kendaraan akan selalu diganti setiap KBM telah menempuh jarak sejauh 5.000 km, kendaraan perlu dilakukan penggantian oli secara rutin untuk menjaga performa mesin kendaraan agar dapat beroperasi dengan optimal. Biaya yang dikeluarkan untuk mengganti oli untuk tipe KBM L 300 adalah Rp880.000,-, dan untuk PS 120 adalah Rp1.680.000,-, sedangkan untuk PS 100 sebesar Rp1.850.000,-, serta untuk Canter VT dan Canter WB masing-masing sebesar Rp2.300.000,-. Biaya yang dikeluarkan untuk setiap kilometer secara berturut-turut adalah Rp176,-, Rp336,-, Rp370,-, Rp460,-, dan Rp460,-.

3. Biaya Semi Variabel

Biaya semi variabel atau *semi-variable cost* dalam proses distribusi adalah biaya yang berubah sesuai dengan perubahan volume kegiatan distribusi, tetapi perubahannya tidak sebanding dengan perubahan kegiatan yang ditimbulkan. Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah biaya makan untuk *driver* dan juga biaya parkir KBM. Untuk setiap rute yang terbentuk perusahaan harus menyediakan biaya makan untuk 2 orang *driver*, biaya yang dikeluarkan untuk makan tiap *driver* sebesar Rp11.000,- dan perlu menyiapkan biaya parkir untuk setiap pelanggan yang dikunjungi dengan besaran Rp5.000,- untuk setiap pelanggan. Sehingga biaya makan dan biaya parkir termasuk ke biaya semi variabel yang perubahannya tidak berbanding lurus dengan bertambahnya kegiatan yang meningkat banyak.

5.2 Analisis Perbandingan Rute Awal dan Rute Usulan

5.2.1 Rute Usulan Awal

Algoritma *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan rute usulan dengan memperhatikan rute terdekat dari posisi KBM terakhir, dalam melakukan penentuan rute distribusi, kendaraan yang digunakan harus berawal dari perusahaan dan akan berakhir di perusahaan pula. Pada rute usulan awal KBM yang digunakan sebanyak 3 unit dari 5 unit

kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan. Total jarak yang harus ditempuh untuk melakukan distribusi gula ke 40 pelanggan adalah sejauh 580 km, dan total permintaan gula yang harus dipenuhi adalah 8.272 kg. Rata-rata penggunaan kapasitas KBM dari kapasitas maksimum yang dapat dibawa KBM adalah sebesar 78,6% dengan rute 3 sebagai penggunaan kapasitas KBM tertinggi yaitu 98,9% atau 1.956 kg dari kapasitas maksimum 2.000 kg, kemudian disusul rute 1 dan rute 2 sebesar 97,8% dan 96%, sedangkan rute dengan penggunaan kapasitas KBM terendah ada pada rute 4 hanya sebesar 21,7% atau muatan KBM hanya sebesar 443 kg dari kapasitas maksimum yang dapat diangkut oleh KBM sebesar 2.000 kg.

Rute yang terbentuk lebih sedikit dikarenakan penggunaan kapasitas KBM yang lebih maksimal dari rute sebelumnya, sehingga banyak pelanggan yang dapat dikunjungi dalam satu kali perjalanan dengan satu KBM. Untuk rute 1, jenis KBM yang digunakan adalah PS 100 dengan kapasitas maksimum sebesar 2.000 kg dan membawa muatan sebanyak 1.956 kg, jarak tempuh untuk rute tersebut sejauh 32,8 km dengan mengunjungi 9 pelanggan. Superindo Jl. Solo merupakan pelanggan dengan jumlah permintaan terbanyak pada rute 1 yaitu sebanyak 290 kg dan untuk pelanggan dengan jumlah permintaan terendah yaitu Superindo Sultan Agung hanya 137 kg, Penggunaan kapasitas KBM termasuk tinggi di angka 97,8%. Kemudian untuk rute 2 perusahaan menggunakan PS 120 dengan kapasitas 2.000 kg. Kendaraan mengunjungi 9 pelanggan dengan jarak tempuh kendaraan sejauh 54,8 km dan total muatan kendaraan sebesar 1.919 kg gula atau sebesar 96% dari kapasitas maksimum KBM. Pelanggan dengan jumlah permintaan tertinggi yaitu sebesar 595 kg adalah Indogrosir kemudian Superindo Kaliurang sebanyak 206 kg, sedangkan pelanggan dengan jumlah permintaan terendah adalah Carrefour Maguwo sebanyak 112 kg. Rute 3 pada rute usulan awal merupakan rute dengan jarak tempuh terjauh dan juga kunjungan ke pelanggan terbanyak yaitu sejauh 346,3 km dengan kunjungan ke 20 pelanggan. Pelanggan sebagian besar berada di Semarang. KBM yang digunakan berjenis Canter VT yang memiliki kapasitas maksimum sebesar 4.000 kg, muatan yang dibawa oleh KBM sebanyak 3.954 kg atau menggunakan kapasitas kendaraan sebesar 98,9%. Pelanggan dengan *demand* tertinggi yaitu pada Superindo Gajah Mungkur dan Carrefour Armada yaitu sebesar 280 kg dan 260 kg. Sedangkan untuk pelanggan dengan jumlah permintaan terendah adalah Superindo Diponegoro dan Superindo Sukun Raya yaitu sebanyak 130 kg dan 120 kg. Rute terakhir pada rute usulan awal adalah rute 4 dengan jumlah kunjungan paling sedikit yaitu hanya 2 pelanggan saja,

hal tersebut karena hanya 2 pelanggan tersebut yang belum dikunjungi oleh KBM untuk memenuhi permintaan pelanggan. KBM yang digunakan adalah PS 100 dengan waktu pengantaran pada hari ke 2 di hari kerja. Jarak yang harus ditempuh KBM sejauh 146,1 km dengan muatan sebanyak 21,7% yaitu 443 kg dari kapasitas maksimum yaitu 2.000 kg. pelanggan yang dikunjungi adalah Lotte Mart – Solo dan Carrefour Solo Baru yaitu 233 kg dan 210 kg. Semua KBM berangkat dari perusahaan yaitu PT Madubaru dan akan kembali lagi ke perusahaan dalam keadaan kosong untuk menyelesaikan rute yang ada.

5.2.2 Rute Usulan Akhir

Rute usulan akhir merupakan hasil perbaikan rute dari rute usulan awal yang telah ditentukan menggunakan algoritma *nearest neighbor*. Dalam melakukan perbaikan rute, peneliti menggunakan metode *local search*. Penggunaan 2 metode optimasi tersebut dilakukan untuk memberikan hasil yang lebih baik daripada hanya satu metode optimasi yang digunakan. Metode pertama yang digunakan adalah untuk mengoptimalkan rute yang sudah ada, kemudian rute tersebut diperbaiki lagi untuk mencari rute terpendek sehingga biaya-biaya yang meliputi proses distribusi produk tersebut dapat dioptimalkan dalam penggunaannya.

Dalam Rute usulan akhir kendaraan yang digunakan oleh perusahaan berjumlah 3 unit kendaraan dari 5 unit kendaraan yang dimiliki yaitu PS 100, PS 120, dan Canter dengan nomor polisi AB 8090 VT atau Canter VT. Dengan akumulasi jarak tempuh KBM sejauh 508,7 km dan total permintaan pelanggan yang masih sama yaitu 8.272 kg. Rute usulan akhir ini lebih pendek 71,3 km daripada rute usulan awal yaitu sejauh 508,7 km. Pada rute usulan akhir KBM memiliki rata-rata penggunaan kapasitas KBM yang tertinggi yaitu sebesar 83,9% dengan urutan penggunaan kapasitas KBM dari yang tertinggi hingga terendah secara berturut-turut adalah rute 1, rute 4, rute 3, dan rute 2 dengan persentase 97,8%, 85,3%, 77,8%, dan 74,9%.

Rute distribusi dapat dioptimalkan dan diperpendek dengan melakukan perbaikan rute menggunakan *local search* adalah dengan mengganti urutan kunjungan KBM ke pelanggan namun masih dalam satu rute, atau dapat mengganti titik kunjungan ke rute yang lain. Namun, dalam melakukan perbaikan harus tetap memperhatikan batasan, seperti tidak boleh melebihi kapasitas maksimal yang dapat dibawa oleh KBM, kendaraan kembali ke lokasi semula yaitu PT Madubaru. Data yang dibutuhkan dalam perbaikan rute adalah rute usulan awal sebagai rute yang akan diperbaiki, data jarak dari perusahaan

ke pelanggan dan jarak antar pelanggan ke pelanggan, kemudian ada kapasitas maksimum kendaraan, serta data pelanggan beserta jumlah permintaanya.

Rute 1 dengan penggunaan kapasitas KBM tertinggi yaitu 97,8% mengangkut gula sebanyak 1.956 kg, jenis KBM yang digunakan adalah PS 100 yang memiliki kapasitas maksimal sebesar 2.000 kg. pelanggan yang dikunjungi berjumlah 9 pelanggan. Pelanggan yang memiliki jumlah permintaan tertinggi yaitu Superindo Jl. Solo dengan jumlah permintaan 290 kg. Peneliti melakukan perbaikan dengan mengubah urutan kunjungan pelanggan yaitu Superindo Parangtritis dari urutan ke 2 menjadi yang pertama, kemudian Mirota Supeno tetap sama dikunjungi setelah Superindo Parangtritis, Pamella Swalayan dan Superindo Perintis bertukar urutan kunjungan, setelah itu Superindo Sultan Agung berada pada urutan ke 6 dari semulanya berada di urutan 8, Mirota Kampus tetap berada pada urutan ke 7, kemudian Gardena Dept. Store dan Superindo Jl. Solo bertukar urutan, dengan mempertimbangkan rute yang dilewati adalah jalan dengan satu jalur atau *oneway*. Dengan melakukan perbaikan tersebut, jarak yang ditempuh kendaraan dapat dipangkas sebanyak 5,3 km menjadi 27,5 km dari rute usulan awal yaitu 32,8 km.

Rute 2 adalah rute yang menggunakan KBM dengan jenis PS 120, rute yang ditempuh oleh kendaraan tersebut untuk melakukan distribusi adalah sejauh 39,6 km, lebih pendek 15,2 km dari rute usulan awal yaitu sejauh 54,8 km. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan terdapat 3 pelanggan yang kunjungannya digabung dengan rute lain, yaitu Superindo SCH digabungkan dengan rute 3, KBM membawa gula sebanyak 1.497 kg atau setara 74,9% dari kapasitas maksimum yaitu 2.000 kg yang akan bagikan ke 6 pelanggan yang tersebar di daerah Yogyakarta, pelanggan dengan jumlah permintaan tertinggi yaitu Indogrosir sebanyak 595 kg dan yang terendah di Superindo Godean hanya 155 kg. Sedangkan untuk rute 3, perusahaan menggunakan KBM jenis Canter VT dengan kapasitas yang cukup besar yaitu 4.000 kg dengan penggunaan kapasitas kendaraan sebesar 77,8% atau 3.113 kg. KBM menempuh jarak sejauh 276 km untuk melakukan distribusi ke 16 pelanggan yang sebagian besar berada di Semarang. Jarak tempuh tersebut lebih rendah 70,3 km dari rute usulan awal yaitu 346,3 km. Pelanggan yang memiliki jumlah permintaan tertinggi yaitu Superindo Gajah Mungkur yaitu 280 kg dan Carrefour Armada 260 kg. Sedangkan pelanggan dengan jumlah permintaan gula terendah di rute 3 pada rute usulan akhir adalah Superindo Sukun Raya yaitu hanya 120 kg. Rute 4 sebagai rute terakhir dengan jenis KBM PS 100 yang beroperasi di hari kedua pada hari kerja membawa 1.706 kg dari kapasitas maksimal yang dapat dibawa oleh KBM

adalah 2.000 kg, atau penggunaan kapasitas KBM sebesar 85,3%. Pada rute ini, KBM melayani ke 9 pelanggan yang sebagian besar berada di daerah Solo. Pelanggan dengan jumlah permintaan tertinggi yaitu Lotte Mart – Solo yaitu 233 kg dan pelanggan dengan jumlah permintaan terkecil yaitu Carrefour Maguwo sebanyak 112 kg. KBM menempuh jarak sejauh 165,6 km, lebih tinggi 19,5 km dari rute usulan awal

5.3 Biaya Distribusi

Setiap rute yang telah terbentuk baik rute awalan, rute usulan awal, ataupun rute usulan akhir tentunya memerlukan biaya dalam operasionalnya. Dalam perhitungannya hanya perlu menambahkan seluruh komponen biaya yang dikeluarkan yaitu biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semi variabel.

5.3.1 Rute Awalan

Rute Awalan memiliki 8 rute yang terbentuk untuk melakukan distribusi gula ke 40 pelanggan yang tersebar di Yogyakarta, Magelang, Solo, dan Semarang. Jarak tempuh yang ditempuh oleh KBM untuk melakukan distribusi mempengaruhi seberapa besar biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, selain jarak tempuh terdapat pula biaya lain yang dapat mempengaruhi biaya distribusi seperti total kunjungan ke pelanggan tiap rute, *driver* KBM, biaya tetap dan juga biaya variabel. Untuk biaya variabel terdapat unsur yang mempengaruhi seperti penggunaan bahan bakar dan juga biaya ganti oli kendaraan, biaya tetap terdapat biaya depresiasi KBM, biaya perawatan, dan biaya tenaga kerja. Semua KBM untuk distribusi digunakan dalam rute awalan.

Biaya tertinggi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan distribusi adalah sebanyak Rp728.693,33- yaitu pada rute ke 7 dengan KBM yang digunakan adalah Canter VT dengan biaya tetap atau *fixed cost* yang dikeluarkan sebesar Rp298.605,-, dengan biaya variabel BBM dan oli kendaraan untuk jarak tempuh kendaraan sejauh 283 km sebesar Rp373.088,33- serta biaya semi variabel untuk biaya makan *driver* dan juga biaya parkir KBM sebesar Rp57.000,-. Selanjutnya untuk rute 4 dengan jenis kendaraan yang digunakan untuk melakukan distribusi adalah Canter VT dengan biaya yang dikeluarkan dalam sekali perjalanan sebesar Rp689.021,17-, dengan rincian biaya yaitu untuk biaya tetap sebesar Rp298.605,-, dan biaya variabel yang dikeluarkan adalah Rp338.416,17- dengan jarak tempuh KBM sejauh 256,7 km, sedangkan untuk biaya semi variabel sebesar Rp52.000,- untuk biaya makan 2 orang

driver dan biaya parkir KBM di tiap pelanggan yang dikunjungi yang berjumlah 6 titik. Sedangkan untuk rute dengan biaya distribusi yang terkecil ada pada rute 6 dengan biaya yang dikeluarkan hanya sebesar Rp273.101,51-. Total biaya yang dikeluarkan oleh PT Madubaru setiap minggunya untuk melakukan distribusi pada rute awalan adalah Rp3.721.970,11- atau dalam satu bulan sebanyak Rp14.887.880,44-.

5.3.2 Rute Usulan Awal

Rute usulan awal memiliki 4 rute perjalanan dalam satu minggu untuk melayani 40 pelanggan dengan biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam 1 minggu untuk biaya tetap, biaya variabel, dan semi variabel secara berturut-turut adalah sebanyak Rp1.069.909,-, Rp781.855,63-, dan Rp288.000,-, dengan total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp2.139.764,63-. Biaya tertinggi dikeluarkan pada rute 3 dengan total kunjungan ke 20 pelanggan yaitu sebesar Rp812.248,83-, biaya tersebut adalah penjumlahan dari komponen biaya yang ada biaya tetap dengan menggunakan jenis KBM Canter VT sebesar Rp298.605,-, biaya variabel sebesar Rp456.538,83- dengan jarak tempuh yang mempengaruhi sejauh 346,3 km, dan untuk biaya semi variabel sebesar Rp122.000,-. Untuk rute dengan biaya pengeluaran tertinggi ke 2 setelah dari rute 3 adalah rute 4 dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp486.598,-. Biaya tersebut dikeluarkan hanya untuk melayani 2 pelanggan yang berada di Solo dengan biaya tetap untuk jenis KBM yang digunakan adalah PS 100, biaya variabel untuk BBM dan oli kendaraan dengan jarak tempuh sejauh 146,1 km, dan juga biaya semi variabel secara berturut-turut adalah Rp250.049,-, Rp204.540,-, dan Rp32.000,-.

Rute selanjutnya adalah rute 2 dengan jenis KBM yang digunakan adalah PS 120. Rute 2 melayani ke 9 pelanggan dengan jarak tempuh kendaraan sejauh 54,8 km sehingga biaya tetap untuk rute 2 adalah Rp271.206,-, biaya tetap tersebut dipengaruhi dengan biaya depresiasi KBM, biaya perawatan KBM, dan biaya tenaga kerja. Sedangkan untuk biaya variabel yang dikeluarkan sebesar Rp74.8590- tentunya dengan memperhatikan konsumsi BBM per kilometer serta biaya ganti oli. Selanjutnya biaya semi variabel yang memperhatikan jumlah *driver* dan juga jumlah kunjungan ke pelanggan untuk menentukan biaya makan dan juga parkir KBM dengan total yang dikeluarkan untuk 2 *driver* serta kunjungan ke 9 pelanggan yaitu sebesar Rp67.000,-. Dari semua biaya yang ada kemudian dijumlahkan dan didapat total biaya yang perlu dikeluarkan untuk rute 2 yaitu Rp413.062,80-.

Pengeluaran untuk biaya distribusi yang terkecil pada rute usulan awal terdapat pada rute 1 dengan menggunakan jenis KBM yaitu PS 100 dan melayani 9 pelanggan dengan rincian biaya yang dikeluarkan adalah Rp250.049,- untuk biaya tetap, kemudian Rp45.920,- untuk biaya variabel yang memperhatikan jarak tempuh KBM, serta terdapat biaya semi variabel yang memperhatikan *driver* dan total kunjungan dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp67.000,-. Sehingga total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk rute 1 adalah Rp362.969,-.

5.3.3 Rute Usulan Akhir

Rp2.046.202,60- adalah total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan PT Madubaru dalam satu minggu untuk melakukan distribusi gula sebanyak 8.272 kg ke 40 pelanggan yang tersebar di berbagai kota, atau dalam satu bulan perusahaan perlu mengeluarkan biaya sebesar Rp7.162.490,40-, namun biaya tersebut lebih kecil dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk biaya rute usulan awal, terlebih lagi dari rute awalan. Sebanyak 60,9% dari total pengeluaran untuk biaya distribusi dihabiskan untuk rute 3 dengan nominal yang dikeluarkan adalah Rp764.465,-, untuk biaya tetap dengan KBM yang digunakan adalah Canter VT adalah sebesar Rp271.206,-, kemudian untuk biaya variabel yang dikeluarkan sebesar Rp363.860,-, serta untuk biaya semi variabel adalah sebesar Rp102.000,-

Biaya terbesar kedua ada pada rute 4 dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp548.889,- untuk melayani 9 pelanggan dan jarak tempuh untuk KBM PS 100 adalah sejauh 165 km, untuk biaya tetap yang dikeluarkan adalah sebesar Rp250.049,-, sedangkan untuk biaya variabel yang pergerakannya mengikuti jarak tempuh KBM, perusahaan perlu mengeluarkan biaya sebesar Rp231.840,-, dan untuk biaya semi variabel yang digunakan untuk makan *driver* dan parkir KBM sebesar Rp67.000,-.

Rute 2 dengan jenis KBM yang digunakan adalah PS-120 sehingga biaya tetap yang dikeluarkan sebesar Rp271.206,- kemudian untuk biaya variabel dengan jarak yang ditempuh sejauh 39,6 km adalah Rp54.093,60- dan untuk biaya semi variabel untuk mengunjungi 6 pelanggan sebesar Rp52.000,-, sehingga total yang dikeluarkan untuk rute 2 sebanyak Rp377.299,60,-.

Rute dengan biaya distribusi paling kecil ada pada rute ke 1 yaitu Rp355.549,- dengan biaya tetap untuk jenis KBM PS-100 adalah Rp250.049,- dan untuk biaya variabel dengan memperhatikan jarak tempuh KBM sebesar Rp38.500,- untuk jarak tempuh

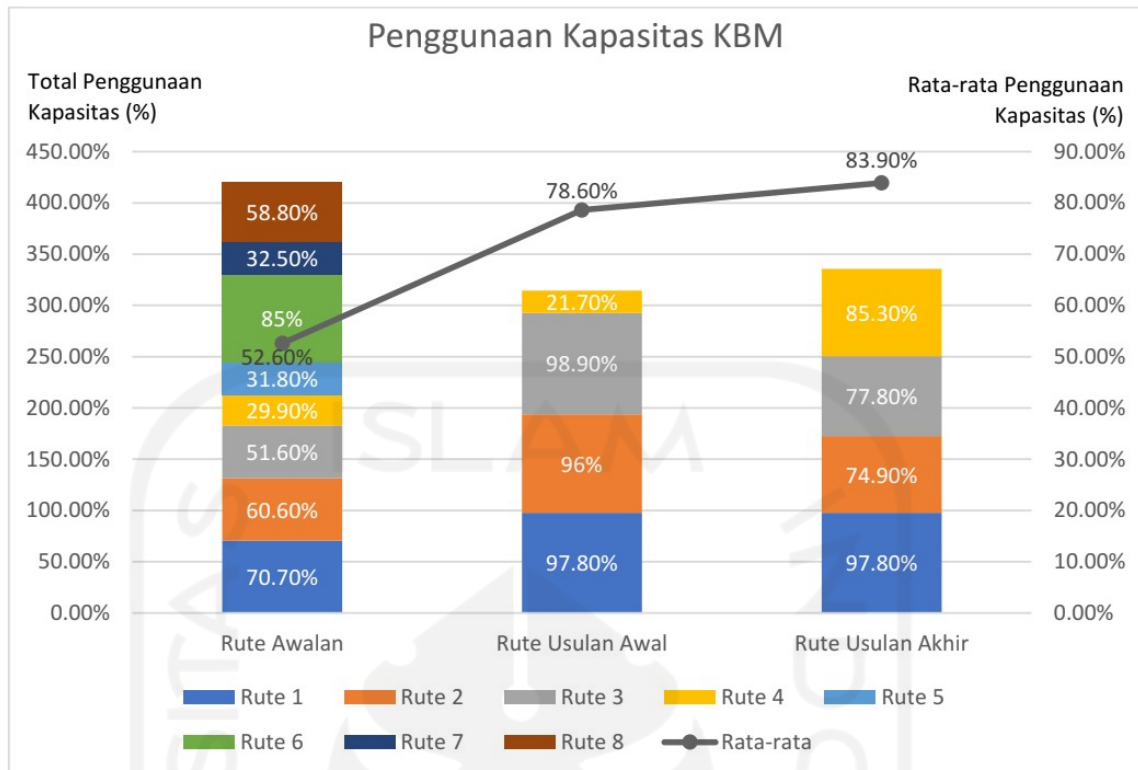
sejauh 27,3 km, dan biaya semi variabel sebesar Rp67.000,- untuk 2 *driver* dan kunjungan ke 9 pelanggan.

5.4 Perbandingan Rute

Rute awalan merupakan rute yang sudah dimiliki perusahaan PT Madubaru dan menjadi ketentuan yang digunakan *driver* untuk melakukan distribusi produk dengan menggunakan KBM yang dimiliki oleh perusahaan. Rute usulan awal merupakan penentuan rute distribusi tahap awal yang bertujuan untuk memperpendek jarak tempuh kendaraan dalam distribusi dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor* yaitu berupa prosedur yang memperhatikan jarak terdekat pelanggan dari posisi KBM yang digunakan. Rute usulan akhir adalah tahap kedua dalam penentuan rute distribusi yang bertujuan untuk memperbaiki rute yang sudah ditentukan pada tahap 1 yaitu rute usulan awal, perbaikan rute bertujuan untuk memperpendek rute tempuh KBM yaitu dengan mengganti urutan kunjungan atau mengganti kunjungan ke rute selanjutnya, perbaikan rute dilakukan menggunakan metode *local search* yang dalam proses penentuannya memperhatikan kondisi jalan.

5.4.1 Penggunaan Kapasitas KBM

Penggunaan kapasitas kendaraan dalam melakukan distribusi juga dapat mempengaruhi terhadap jarak tempuh KBM serta biaya yang dikeluarkan untuk distribusi. Memaksimalkan muatan KBM tentunya dapat mengoptimalkan dalam penggunaan fasilitas KBM sehingga dapat memangkas biaya yang tidak diperlukan, semakin tinggi penggunaan kapasitas KBM tentunya lebih baik. Kebijakan perusahaan dalam melakukan distribusi juga dapat mempengaruhi penggunaan kapasitas KBM. Namun, dalam studi kasus di PT Madubaru, kebijakan yang ditetapkan oleh perusahaan dapat memungkinkan untuk memaksimalkan penggunaan kapasitas KBM. Penggunaan kapasitas KBM untuk setiap rute dan juga rata-rata penggunaan kapasitas pada rute awalan, rute usulan awal, dan rute usulan akhir dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Perbandingan Penggunaan Kapasitas KBM

Rute awal yang memiliki 8 rute distribusi menggunakan kapasitas kendaraan atau KBM dengan sangat kecil yaitu di angka 52,6%. Angka tersebut menunjukkan bahwa KBM yang digunakan tidak sepenuhnya dioptimalkan. Rute 4 merupakan rute dengan kapasitas kendaraan yang terisi hanya sebesar 29,9% atau 1.195 kg dari kapasitas maksimum KBM sebesar 4.000 kg, sedangkan kapasitas tertinggi terdapat pada rute 6 dengan persentase sebesar 85% yaitu 595 kg dari kapasitas kendaraan yaitu 700 kg.

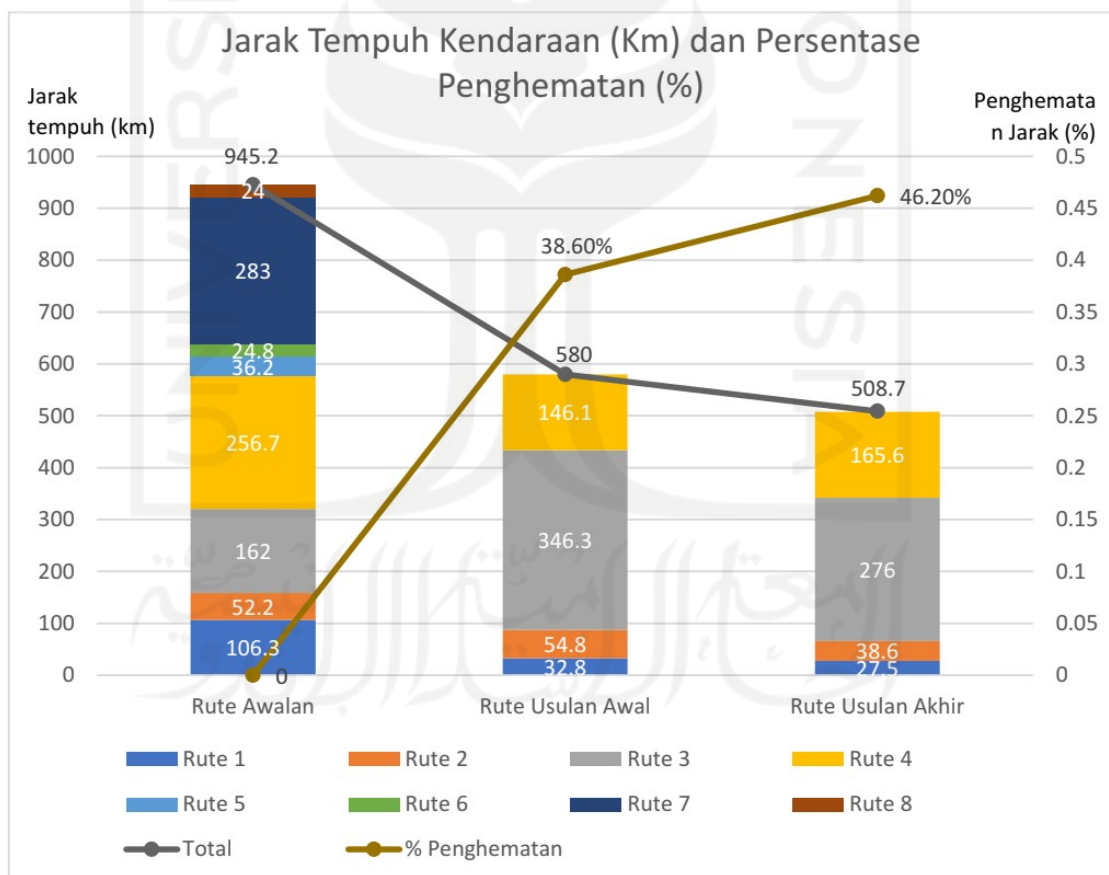
Rute usulan awal memiliki rata-rata penggunaan kapasitas KBM sebesar 78,6%. Nilai tersebut didapatkan setelah melakukan penentuan rute menggunakan algoritma *nearest neighbor* dengan rute distribusi yang terbentuk berjumlah 4 rute. Rute 3 merupakan rute dengan muatan terbanyak yaitu 3.954 kg dari muatan maksimum yang dapat dimuat oleh KBM sebanyak 4.000 kg atau persentase penggunaan kapasitas KBM sebesar 98,9%. Sedangkan rute 4 adalah rute dengan penggunaan kapasitas KBM terkecil hanya berada di angka 21,7% dari kapasitas maksimum KBM 2.000 kg yaitu 433 kg.

Rute usulan akhir adalah rute dengan rata-rata penggunaan kapasitas kendaraan tertinggi yaitu sebesar 83,9%, menjadikan rute usulan akhir dengan penggunaan kapasitas KBM yang terbaik dari rute awal dan rute usulan awal. Dengan mengoptimalkan jarak tempuh KBM menggunakan *local search*, penggunaan kapasitas KBM ikut meningkat.

Rute 1 menjadi rute dengan muatan tertinggi yaitu sebanyak 1.956 kg gula atau 97,8% dari kapasitas maksimum KBM yang dapat digunakan sebesar 2.000 kg. 77,9% merupakan penggunaan kapasitas KBM pada rute 2, nilai tersebut membuat rute 2 menjadi rute dengan penggunaan kapasitas KBM terendah yaitu memuat gula sebanyak 1.497 kg dari kapasitas maksimal 2.000 kg.

5.4.2 Jarak Tempuh KBM

Jarak tempuh kendaraan merupakan objek utama dalam penelitian ini, dengan tujuan untuk memperpendek jarak tempuh yang dilalui oleh KBM dalam melakukan distribusi produk gula PT Madubaru, jarak tempuh KBM yang semakin pendek membuat biaya yang dikeluarkan dalam melakukan distribusi dapat ikut dipangkas dan mengoptimalkan penggunaan fasilitas perusahaan.



Gambar 5.2. Perbandingan Jarak Tempuh KBM

Gambar 5.2. menunjukkan perbandingan jarak tempuh kendaraan dalam melakukan distribusi ke semua pelanggan PT Madubaru dengan jumlah 40 pelanggan yang tersebar di 4 kota yaitu Yogyakarta, Solo, Magelang, dan Semarang. Rute awalan merupakan rute dengan jarak tempuh kendaraan terjauh dan rute distribusi terbanyak, yaitu sebanyak 8 rute serta jarak yang ditempuh sejauh 945,2 km. Rute 7 dan rute 4 merupakan rute dengan jarak tempuh terjauh dalam rute awalan yang menyumbang 42,9% dari jarak tempuh total untuk rute awalan atau sekitar 539,7 km.

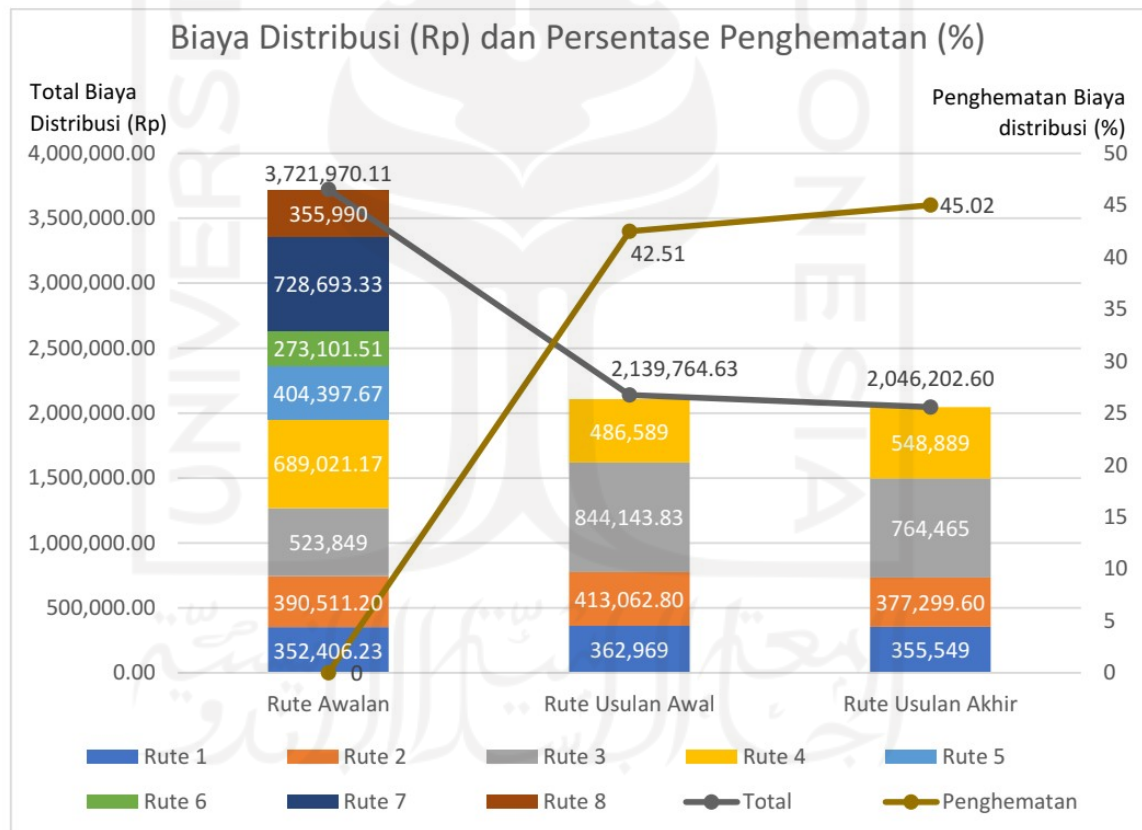
Rute usulan awal merupakan rute yang penentuannya dilakukan menggunakan algoritma *nearest neighbor*, didapat 4 rute yang terbentuk dengan total jarak tempuh sebesar 580 km, rute tersebut lebih pendek dari rute awalan yaitu sebesar 38,6%. Rute 3 merupakan rute dengan jarak tempuh terjauh yaitu 346,3 km, sedangkan untuk rute 1 adalah rute dengan jarak tempuh terpendek yaitu 32,8 km. Rute usulan awal dapat memangkas jarak tempuh kendaraan sebanyak 365,2 km atau sekitar 38,6% dari rute awalan.

Rute usulan akhir merupakan rute hasil dari perbaikan rute usulan awal. Perbaikan dilakukan menggunakan metode *local search* guna memperpendek jarak tempuh kendaraan, penggunaan metode tersebut adalah untuk melengkapi metode sebelumnya yang terlewat untuk menentukan rute terpendek perusahaan. Rute usulan akhir memiliki jarak tempuh sejauh 508,7 km, lebih pendek 71,3 km daripada rute usulan awal atau sekitar 12,3%. Rute usulan akhir juga tentunya lebih pendek dari rute awalan dengan selisih jarak tempuh sejauh 436,5 km dengan persentase sebesar 46,2%. Dengan rincian untuk rute 1 sampai rute 4 secara berurutan adalah 27,5 km, 38,6 km, kemudian 276 km, dan yang terakhir adalah 165,6 km.

Penghematan rute yang diperoleh sangat berdampak terhadap biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam setiap minggunya. Dalam proses distribusi terdapat biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semi variabel yang mempengaruhi biaya yang dikeluarkan. Semakin sedikit jumlah rute yang terbentuk maka semakin sedikit pula biaya tetap yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam proses distribusi. Begitu pula jarak yang ditempuh oleh KBM, semakin pendek jarak tempuh distribusi semakin sedikit pula biaya semi variabel serta biaya variabel yang dikeluarkan, hal ini dikarenakan biaya tersebut dependen terhadap jarak dan juga jumlah rute yang terbentuk. Berikut merupakan penghematan biaya distribusi yang berdampak akibat penghematan rute.

5.4.3 Biaya Distribusi

Biaya distribusi merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam proses distribusi, dengan memperpendek jarak tempuh KBM untuk melakukan distribusi, biaya yang dikeluarkan pun juga dapat dipangkas. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan terdapat biaya variabel yang pergerakannya dependen mengikuti variabel yang independen yaitu jarak tempuh KBM, semakin jauh jarak yang ditempuh semakin besar pula biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya semi variabel juga dapat mempengaruhi pengeluaran perusahaan, tetapi tidak sebesar biaya variabel. Biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan distribusi dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Perbandingan Biaya Distribusi

Gambar 5.3. menunjukkan perbandingan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam melakukan distribusi produk berdasarkan rute yang terbentuk. Pada rute awalan perusahaan mengeluarkan biaya sebesar Rp3.721.970,11- dalam satu minggu untuk melakukan distribusi ke seluruh pelanggan yang berjumlah 40 pelanggan dan tersebar

di berbagai titik. Rute 7 dan rute 4 merupakan rute dengan biaya distribusi tertinggi yaitu sebesar Rp644.798,33- dan Rp689.021,17-. Biaya yang dihabiskan untuk distribusi pada rute tersebut lebih tinggi dari yang lain, hal ini berbanding lurus dengan jarak tempuh yang dilalui oleh KBM yang sangat jauh yaitu sebesar 283 km dan 256,7 km. Sedangkan untuk rute dengan biaya distribusi terendah ada pada rute ke 6 dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp273.101,51-.

Rute usulan awal merupakan rute yang dapat memberikan penghematan biaya distribusi hingga 42,51% dari rute awalan yaitu sebesar Rp1.582.205,48-, dari yang awalnya Rp3.721.970,11- menjadi Rp2.139.764.63-. Penghematan biaya distribusi sangat dipengaruhi dan bergantung kepada total jarak yang tempuh kendaraan, jarak tempuh rute usulan awal lebih pendek daripada rute awalan. Rute 3 pada rute usulan awal menghabiskan biaya sebesar 59% dari total biaya distribusi pada rute usulan awal yaitu sebesar Rp877.143,83-. Kemudian biaya pada rute 4 sebesar Rp486.598,-, di posisi ke 3 ada rute 2 dengan biaya distribusi sebesar Rp413.062,80-, dan untuk rute dengan biaya distribusi terkecil ada pada rute 1 dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp362.969,-. Rute usulan awal dengan penghematan jarak tempuh sebesar 38,6% serta hanya menggunakan 3 unit KBM sehingga dapat menghemat biaya distribusi sebesar 42,51%.

Rute usulan akhir merupakan rute yang telah diperbaiki dan menghemat biaya distribusi sebesar 4,37% atau Rp93.562,03- dari rute sebelum diperbaiki yaitu rute usulan awal. Total penghematan yang dapat diperoleh perusahaan dari rute awalan besar 45,02% atau Rp1.675.767,51-. Biaya yang dikeluarkan pada rute usulan akhir sebesar Rp2.046.202,60- dengan rute 3 sebagai rute yang menghabiskan biaya distribusi tertinggi yaitu Rp764.465,-, namun tetap lebih rendah dari rute usulan awal, kemudian rute 4 sebagai rute dengan konsumsi biaya distribusi tertinggi selanjutnya sebesar Rp548.889,-, biaya tersebut lebih tinggi dari rute 4 pada rute usulan awal dikarenakan terdapat penambahan titik kunjungan ke beberapa pelanggan. Sedangkan untuk rute 1 dan rute 2 biaya yang dikeluarkan lebih rendah daripada rute usulan awal yaitu sebesar Rp355.549,- dan Rp313.404,-. Pada rute usulan akhir biaya distribusi yang dikeluarkan dapat dihemat hingga 45,02%, hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat penghematan jumlah kendaraan yang digunakan dari 5 unit menjadi 3 unit KBM dan juga jarak tempuh yang lebih pendek 46,2% dari rute awalan.

5.5 Verifikasi Model

Algoritma *nearest neighbor* dan *local search* memiliki batasan yang perlu diperhatikan dalam menjalankannya. Verifikasi adalah pemeriksaan atau pengecekan yang dilakukan untuk mengetahui kebenaran, verifikasi dilakukan dalam bentuk model matematika yang menggambarkan solusi yang dihasilkan oleh metode optimasi. Verifikasi dalam penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa model yang terbentuk tidak melakukan penyimpangan dari batasan dan ketetapan metode optimasi yang digunakan yaitu *nearest neighbor* dan *local search*.

Fungsi tujuan dengan tujuan minimasi, peneliti perlu melakukan semua penjumlahan biaya yang dikeluarkan untuk distribusi. Melakukan penjumlahan biaya tetap untuk KBM yang digunakan dalam distribusi, begitu pula untuk biaya variabel dan semi variabel yang dijumlahkan berdasarkan rute yang terbentuk. Terdapat perjalanan dari titik i ke j maka nilai x_{ij}^k adalah 1 dan jika tidak terdapat perjalanan maka nilainya adalah 0 (nol). Hal tersebut memastikan agar biaya yang dikeluarkan perusahaan adalah 0 (nol) jika tidak terjadi perjalanan dari titik i ke j . Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan biaya dikalikan dengan 0 (nol). x_{ij}^k memiliki arti perjalanan dari titik i ke j menggunakan kendaraan k .

Permintaan gula dari pelanggan tentu harus dipenuhi oleh perusahaan. Untuk memenuhi permintaan tersebut, KBM perlu melakukan distribusi dengan mengunjungi pelanggan, permintaan gula setiap pelanggan memiliki jumlah yang berbeda-beda. Dengan menggunakan model matematika, peneliti dapat memastikan bahwa setiap pelanggan pasti dikunjungi oleh KBM distribusi. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan x_{ij}^k dengan 1 jika KBM dari titik i menuju j atau 0 (nol) jika KBM tidak ada mengunjungi titik j dari titik i . Dari hasil penjumlahan tersebut harus sama dengan $(=) 1$ yaitu $j = 1$ agar terjadi perjalanan dari titik i ke titik j menggunakan KBM yang dimiliki perusahaan. begitu seterusnya hingga pelanggan terakhir yaitu titik 40 sebagai nilai j yang bergerak.

Pelanggan yang dikunjungi juga tentunya akan ditinggalkan oleh KBM untuk melanjutkan kunjungan ke pelanggan selanjutnya atau kembali ke perusahaan sebagai penyelesaian rute setelah permintaan dari pelanggan terpenuhi. Untuk memastikan

pelanggan ditinggalkan oleh KBM adalah dengan menggunakan model matematika, sama seperti model matematika untuk memastikan setiap pelanggan dikunjungi, tapi dengan nilai j atau titik kunjungan ditinggalkan serta nilai yang bergerak adalah nilai j . Sehingga perhitungan dilakukan dengan melakukan penjumlahan nilai dari x_{ij}^k . Nilai 1 untuk jika terdapat perjalanan dari titik i ke j menggunakan kendaraan k dan 0 (nol) untuk sebaliknya. Hasil penjumlahan untuk nilai $i = 1$ harus sama dengan ($=$) 1 agar solusi tidak menyimpang dari ketentuan metode optimasi yang bergerak adalah nilai j sebagai titik kunjungan selanjutnya, hal tersebut memastikan KBM meninggalkan titik i .

Kendaraan atau KBM yang digunakan untuk distribusi produk gula PT Madubaru tentu memiliki kapasitas maksimal yang dapat diangkut oleh KBM, sehingga muatan yang dibawa untuk memenuhi permintaan semua pelanggan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum KBM. Kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan PT Madubaru bervariasi, ada yang 700 kg, 2.000 kg, dan 4.000 kg. Verifikasi adalah untuk memastikan muatan KBM tidak melebihi kapasitas maksimum KBM. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan metode matematika yaitu dengan menjumlahkan semua permintaan pelanggan yang dilayani oleh KBM tertentu yang melewati titik i ke j , dengan hasil penjumlahan harus kurang dari atau sama dengan (\leq) kapasitas maksimum yang dapat diangkut oleh KBM yang digunakan. Jika jumlah *demand* atau permintaan melebihi kapasitas, maka pelanggan tersebut akan dilayani pada rute selanjutnya dengan ketentuan yang sama yaitu tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang digunakan. Penjumlahan dilakukan untuk semua KBM yang digunakan oleh perusahaan untuk melakukan distribusi gula.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan sebelumnya dan penjelasan pada bab sebelumnya, didapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan di PT Madubaru, yaitu:

1. Rute distribusi yang dapat meminimalkan rute dan biaya distribusi di perusahaan adalah rute usulan akhir yaitu 4 rute dengan 3 kendaraan yang digunakan. Penggunaan kapasitas kendaraan distribusi juga berpengaruh terhadap jarak tempuh KBM dan juga biaya yang dikeluarkan, memaksimalkan muatan KBM tentunya dapat mengoptimalkan penggunaan fasilitas KBM, semakin tinggi penggunaan kapasitas KBM maka semakin banyak pelanggan yang dikunjungi dalam satu kali perjalanan, dan memangkas jarak tempuh dan juga biaya untuk distribusi. Rute 1 menggunakan jenis KBM PS 100, dengan kapasitas maksimum sebanyak 2.000 kg dan muatan yang dibawa sebanyak 1.956 kg. Urutan kunjungan KBM secara berurutan adalah dari perusahaan ke Superindo Parangtritis, Mirota Supeno Superindo Perintis, Pamella Swalayan, Superindo Jl. Solo, Gardena Dept. Store. Mirota Kampus, Superindo Sultan Agung, Superindo Dongkelan. Sedangkan pada rute 2 menggunakan KBM jenis PS 120 dengan muatan sebanyak 1.497 kg dari kapasitas maksimumnya sebanyak 2.000 kg. Tujuan KBM secara berturut-turut adalah Superindo Seturan, Superindo Kaliurang, Mirota Palagan, Indogrosir, Superindo Godean, dan Mirota Godean. Untuk rute 3 menggunakan KBM Canter VT dengan kapasitas maksimum sebesar 4.000 kg dan gula yang dibawa sebanyak 3.113 kg yang akan didistribusikan ke Carrefour Armada, Superindo Diponegoro, Carrefour Sronol, Superindo Sukun Raya, Superindo Wahidin, Superindo Kedungmundu, Superindo Majapahit, Lotte Mart – SMG, superindo Soekarno-Hatta, Superindo Kranggan, Carrefour DP Mall, Superindo Siliwangi, Superindo Gajah Mungkur, Superindo Candi, Gardena Magelang dan terakhir Superindo SCH. Dan untuk rute terakhir yang akan melayani pelanggan adalah rute 4 dengan KBM yang digunakan adalah PS 100 dengan muatan

sebanyak 1.706 kg dari kapasitas maksimum sebanyak 2.000 kg yang akan dibagikan ke pelanggan secara berurutan yaitu Carrefour AMPLAZ, Mirota Babarsari, Carrefour Maguwo, Lotte Mart – Jogja, Carrefour Solo Baru, Lotte Mart – Solo, Carrefour Paragon, Carrefour Pabelan, dan terakhir Superindo Colomadu.

2. Perbandingan rute usulan akhir dengan rute sebelumnya untuk melihat seberapa besar penghematan yang dapat diperoleh. Pada rute usulan akhir, total jarak yang ditempuh oleh KBM sejauh 508,7 km lebih pendek 46% dari rute sebelumnya yaitu sejauh 945,2 km. Jumlah rute yang terbentuk pun lebih sedikit yaitu hanya 4 rute dengan menggunakan 3 unit KBM yang ada, sedangkan pada rute sebelumnya terdapat 8 rute dengan menggunakan 5 unit KBM. Sedangkan untuk biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan setiap minggunya untuk melakukan distribusi pada rute usulan akhir sebesar Rp2.046.202,60- atau 45,02% lebih rendah dari rute sebelumnya yaitu sebesar Rp3.721.970,11-, dengan selisih biaya yang dikeluarkan sebesar Rp1.675.767,51-. Penghematan biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan disebabkan oleh memendeknya jarak tempuh KBM dan mengakibatkan menurunnya distribusi perusahaan.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian di PT Madubaru, penulis mengajukan saran atau rekomendasi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk perusahaan ataupun untuk penelitian selanjutnya dengan metode yang serupa adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk mengambil keputusan perusahaan. Saran yang dapat diberikan ke PT Madubaru adalah perusahaan dapat melakukan perencanaan rute distribusi produk gula menggunakan algoritma *nearest neighbor* dan *local search* dengan memperhatikan jarak pelanggan yang terdekat dari lokasi KBM dan memperbaikinya, tentu dengan memperhatikan kondisi jalan. Hasil dari kedua metode tersebut dapat memangkas jarak rute hingga 46% dari 945,2 km menjadi 508,7 km, dan penghematan biaya distribusi yang dikeluarkan tiap minggu hingga 45,02% dari Rp3.721.970,11- menjadi Rp2.046.202,60-, sehingga rute tersebut dapat memaksimalkan KBM dan juga meminimalkan biaya distribusi, serta dengan melakukan perencanaan jalur distribusi produk perusahaan dapat memaksimalkan

penggunaan fasilitas di masa mendatang. Untuk kendaraan yang tidak digunakan lagi dalam proses distribusi dapat dialih gunakan untuk kegiatan perusahaan lainnya, sedangkan untuk *driver* dapat ditugaskan untuk kegiatan lain yang mendukung kegiatan perusahaan.

2. Bagi Penelitian Selanjutnya

Saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya agar dalam melakukan perencanaan rute distribusi, peneliti dapat lebih memperhatikan data yang diperoleh apakah hanya terdapat satu angka atau data yang beragam agar lebih mudah dalam pengerjaannya, kapasitas kendaraan, urutan kunjungan, kondisi rute atau jalan, dan jalan yang biasa dilalui oleh perusahaan untuk mempermudah dalam melakukan perencanaan rute distribusi, kemudian dapat membuat *dashboard*, membandingkan metode yang digunakan dengan *input* yang sama. Sehingga rute yang dihasilkan dapat meminimalkan rute dan pengeluaran biaya untuk distribusi dari rute sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Alsabour, N., 2018. Local Search For Parallel Optimization Algorithms For High Dimensional Optimization Problems. *MATEC Web Of Conferences*, 210(04052), pp. 1-5.
- Aisyah, H. & Ahyaningsih, F., 2019. Penyelesaian Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Untuk Menentukan Rute Distribusi Yang Optimal (Studi Kasus di PT Expravet Nasuba). *Karismatika*, 5(1), pp. 58-68.
- Annisa, K. G. & Faraningrum, R., 2014. Pengurangan Waste Dengan Pendekatan Lean Pada Sistem Distribusi Di PT Supralita Mandiri. *Idustrial Engineering National Conference (IENACO)*, pp. 201-208.
- Anwar, S. N., 2011. Manajemen Rantai Pasokan (Supply Chain Management) Konsep Dan Hakikat. *Jurnal Dinamika Informatika*, Volume 8, pp. 1-7.
- Arvianto, A., Setiawan, A. H. & Saptadi, S., 2014. Model Vehicle Routing Problem Dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products, dan Heterogeneous Fleet Untuk Depot Tunggal. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), pp. 85-96.
- Azizah, N. L. & Suryawinata, M., 2018. Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Beras Sejahtera Pada Perum Bulog Sub-Drive Sidoarjo. *Soulmath*, 6(1), pp. 15-23.
- Balaji, M., Santhanakrishnan, S. & Dinesh, S. N., 2019. An Application Of Analytic Hierarchy Process In Vehicle Routing Problem. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(3), pp. 196-205.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2013. *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*. 5th penyunt. London: Pearson.
- Chu, C.-W. & Hsu, H.-L., 2019. A Heuristic Algorithm For Multiple Trip Vehicle Routing Problems With Time Window Constraint And Outside Carrier Selection. *MABR Maritime Business Review*, 4(3), pp. 256-273.
- Daanish, A. R. & Naick, B. K., 2017. Implementation of Charging Station Based Electric Vehicle Routing Problem Using Nearest Neighbour Search Algorithm. *2nd ICITE (International Conference on Intelligent Transportation Engineering)*, pp. 52-56.
- de Araujo Lima, S. J., de Araujo, S. A. & Schimit, P. H. T., 2018. A Hybrid Approach Based On Genetic Algorithm And Nearest Neighbor Heuristic For Solving The

- Capacitated Vehicle Routing Problem. *Acta Scientiarum Technology*, 40(36708), pp. 1-10.
- Desiana, A., Ridwan, A. Y. & Aurachman, R., 2016. Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Minimasi Biaya Transportasi Pada PT XYZ Dengan Metode Algoritma Genetika. *e-Proceeding of Engineering*, 3(2), pp. 2567-2574.
- Gunawan, P. W., 2012. Enhanced Nearest Neighbors Algorithm For Design Of Water Network. *Chemical Engineering Science*, Volume 84, pp. 197-206.
- Hanafi, R., Rusman, M., Parenreng, S. M. & Azzazli, A. A., 2019. *Distribution Route Optimization Of A Capacitated Vehicle Routing Problem By Sweep Algorithm*. South Sulawesi, Indonesia, IOP Publishing Ltd. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 875. The 3rd EPI International Conference on Science and Engineering 2019 (EICSE2019).
- Hayati, E. N., 2014. Supply Chain Management (SCM) dan Logistic Management. *Dinamika Teknik*, 8(1), pp. 25-34.
- Hidayat, R. Z. S., 2019. Usulan Rute Distribusi Produk Dengan Menggunakan Metode Algoritma Clarke And Wright Saving Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Pada IKM Nugraha Di Kecamatan Cihaurbeuti. *Jurnal Media Teknologi*, 6(1), pp. 115-132.
- Hutasoit, C. S., Susanty, S. & Imran, A., 2014. Penentuan Rute Distribusi Es Balok Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor Dan Local Search (Studi Kasus Di PT X). *Reka Integra*, 2(2), pp. 268-276.
- ITC, 2021. *Trade Map, Trade Statistic For International Business Development, International Trade In Goods 2000-2021*. [Online] Available at: <https://www.intracen.org/> [Diakses 15 01 2022].
- James, L. H., Nicholas, A. G. & Robert, M. I., 1973. *Business Logistic, Physical Distribution And Materials Management*. 2nd ed. penyunt. New York: Ronald Press Co..
- Kunnapadeelert, S. & Thawnern, C., 2021. Capacitated Vehicle Routing Problem for Thailand's Steel Industry via Saving Algorithm. *Journal of System and Management Sciences*, 11(2), pp. 171-181.
- Kyriakakis, N. A., Sevastopoulus, I., Marinaki, M. & Marinakis, Y., 2022. A Hybrid Tabu Search - Variable Neighborhood Descent Algorithm For The Cumulative

- Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows In Humanitarian Applications. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 164, pp. 1-18.
- Mahmudy, W. F., 2014. Improved Simulated Annealing For Optimization Of Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW). *Jurnal Ilmiah Kursor Menuju Solusi Teknologi Informasi*, 7(3), pp. 109-116.
- Martono, S. & Warnars, H. L. H. S., 2020. Penentuan Rute Pengiriman Barang Dengan Metode Nearest Neighbor. *PETIR (Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika)*, Volume 131, pp. 44-57.
- Mittal, P., Grag, N., Ambashta, H. & Mehndiratta, C., 2017. Solving VRP in an Indian Transportation Firm through Clark Wright Algorithm: A Case Study. *International Journal of Engineering Technologies in Engineering Research (IJETER)*, 5(10), pp. 163-168.
- Nugraha, E. & Sari, R. M., 2019. Efektivitas Biaya Pengiriman Pada Perusahaan Roti Dengan Menggunakan Metode Transportasi. *Competitive*, 14(2), pp. 21-26.
- Pop, P. C. et al., 2011. Heuristic Algorithm For Solving The Generalized Vehicle Routing Problem. *Inr. J. of Computers, Communication & Control*, VI(1), pp. 158-165.
- Pramudita, A. S., 2019. Usulan Rute Distribusi Sebagai Upaya Mencapai Keunggulan Kompetitif Melalui Efisiensi Biaya Transportasi PT Pos Indonesia. *Jurnal Logistik Bisnis*, 9(2), pp. 90-96.
- Prasetyo, W. & Tamyiz, M., 2017. Vehicle Routing Problem Dengan Aplikasi Metode Nearest Neighbor. *Journak of Research and Technology*, 3(2), pp. 88-99.
- Putrafi, R. & Sahari, A., 2020. Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Efisiensi Rute Pendistribusian Produk Minuman Teh Pucuk Harum Menggunakan Metode Saving Matriks Studi Kasus PT Cipta Niaga Semesta Palu. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 17(1), pp. 17-28.
- Rahman, R., 2012. Analisa Biaya Operasi Kendaraan (BOK) Angkutan Umum Antar Kota Dalam Provinsi Rute Palu - Poso. *Rekayasa Dan Manajemen Transportasi*, 2(1), pp. 8-21.
- Rasyid, Y. F. & Rochmoeljati, 2020. Penentuan Rute Distribusi Produk Sparepart Menggunakan Metode Tabu Search di PT XYZ. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, 1(3), pp. 1-12.

- Ross, D. F., 2003. *Introduction to e-Supply Chain Management Engaging Technology to Build Market-Winning Business Partnerships*. 1st penyunt. London: ST. Lucie Press.
- Ruben, M. & Imran, A., 2020. Usulan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Sweep Dan Local Search (Studi Kasus Di Perusahaan X). *JRSI (Jurnal Rekayasa Sistem Industri)*, 6(1), pp. 40-44.
- Sbai, I., Limam, O. & Krichen, S., 2018. A Decision Support System Based On A Hybrid Genetic Local Search Heuristic For Solving The Dynamic Vehicle Routing Problem: Tunisian Case. *Communications In Computer And Information Science*, 3(855), pp. 354-365.
- Setyawan, E. B. & Setyadi, A., 2017. *Implementasi Supply Chain Management (SCM) Dalam Sistem Informasi Gudang Untuk Meningkatkan Efektivitas Dan Efisiensi Proses Pergudangan*. Yogyakarta, Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia STMIK AMIKOM.
- Suebsangin, P., Ratanamalakul, N. & Dumrongsiri, A., 2013. Planning of Production, Inventory and Logistic with Direct Shipment and Milk Run Strategies: Numerical Expert. *Journal of Social and Development Sciences*, 4(2), pp. 39-46.
- Sumiati, Dewi, S. & Nugraha, I., 2021. *Determining Distribution Vehicle Routes to Reduce Distribution Cost Using Sequential Insertion Method at PT XYZ*. Surabaya, 2nd International Conference Eco-Innovation In Science, Engineering, and Technology (ICESET). NST Proceedings, pp. 236-243.
- Suryani, Kuncoro, D. K. R. & Fathimahhayati, L. D., 2018. Perbandingan Penerapan Metode Nearest Neighbor Dan Insertion Untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk Roti Pada UKM Hasan Bakery Samarinda. *Profisiensi*, 6(1), pp. 41-49.
- Toth, P. & Vigo, D., 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics).
- Wahyudin, Kusnadi & Efelina, V., 2019. Penentuan Rute Distribusi Spare Part Kendaraan Bermotor Dalam Meminimalkan Biaya Transportasi. *JITEKH*, 7(1), pp. 45-49.
- Worthington, A. C. & West, T., 2001. Economic Value-Added: A Review of the Theoretical and Empirical Literature. *Asian Review of Accounting*, 9(1), pp. 67-86.
- Wulandari, C. B. K., 2020. Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch and Bound untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, 2(1), pp. 7 - 12.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pelanggan dan Permintaan

| Nama Toko | Alamat | Kota | rata-rata Demand (Kg) |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Mirota Palagan | Palagan Tentara Pelajar No. 31 | JOG | 158 |
| Mirota Kampus | Jl. C. Simanjuntak No. 70 | JOG | 270 |
| Mirota Babarsari | Jl. Raya Jogja – Solo Km 7 | JOG | 185 |
| Mirota Supeno | Jl. M. Supeno No. 38 | JOG | 173 |
| Mirota Godean | Jl. Raya Godean | JOG | 183 |
| Superindo Perintis | Jl. Ngeksigondo No. 7 Kotagede | JOG | 223 |
| Superindo Dongkelan | Jl. Raya Bantul Gedongkiwo | JOG | 170 |
| Superindo Seturan | Jl. Raya Seturan Kav. IV Depok | JOG | 200 |
| Superindo Jl. Solo | Jl. Urip Sumoharjo No. 38 A | JOG | 290 |
| Superindo Parangtritis | Jl. Menukan No. 1-2 Brontokusuman | JOG | 213 |
| Superindo Sultan Agung | Jl. Sultan Agung No. 10 | JOG | 137 |
| Superindo Godean | Jl. Hos Cokroaminoto Rt. 001 | JOG | 155 |
| Superindo SCH | Jl. Magelang Km 9,6 Tridadi, Sleman | JOG | 125 |
| Superindo Kaliurang | Jl. Kaliurang No. 51 Km 6,2 | JOG | 206 |
| Gardena Dept. Store | Jl. Urip Sumoharjo No. 40 | JOG | 220 |
| Gardena Magelang | Magelang | MGL | 235 |
| Carrefour AMPLAZ | Jl. Laksda Adisucipto Km 6 | JOG | 165 |
| Carrefour DP Mall | Jl. Pemuda No. 150 | SMG | 198 |
| Carrefour Srandol | Jl. Setiabudi Srandol | SMG | 185 |
| Carrefour Armada (Artos) | Jl. Bambang Sugeng | MGL | 260 |
| Carrefour Paragon | Mall Solo Paragon Jl. Yosodipuro 133 | SOC | 183 |
| Lotte Mart – Jogja | Jl. Ring Road Utara Maguwoharjo | JOG | 213 |
| Lotte Mart – Solo | Jl. Bhayangkara (Ex. Lap.Tipes) | SOC | 233 |
| Lotte Mart – SMG | Jl. Brigjen Sudiarto No. 132 | SMG | 240 |
| Pamella Swalayan | Jl. Pandeyan No. 16 | JOG | 260 |

| Nama Toko | Alamat | Kota | rata-rata Demand (Kg) |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------------|
| Indogrosir | Jl. Magelang Km. 6 Sleman | JOG | 595 |
| Carrefour Solo Baru | Jl. Palem Raya Blok D No. 234 | SOC | 210 |
| Carrefour Pabelan | Jl. Ahmad Yani No. 234 | SOC | 180 |
| Carrefour Maguwo | Jl. Adisucipto Km 8/234 Depok | JOG | 112 |
| Superindo Diponegoro | Jl. Diponegoro No 206 A Ungaran | SMG | 130 |
| Superindo Gajah Mungkur | Jl. S. Parman No. 56 | SMG | 280 |
| Superindo Sukun Raya | Jl. Sukun Raya No. 6 Srandol | SMG | 120 |
| Superindo Majapahit | Jl. Majapahit No. 294, Sendangguwo | SMG | 135 |
| Superindo Kedungmundu | Jl. Kedungmundu Raya, Tembalang | SMG | 141 |
| Superindo Soekarno-Hatta | Jl. Soekarno Hatta, Kel. Tlogosari | SMG | 163 |
| Superindo Wahidin | Jl. Dr. Wahidin No. 105 Kel. Kaliwiru | SMG | 235 |
| Superindo Kranggan | Kl. KH. Wahid Hasyim 137 | SMG | 211 |
| Superindo Colomadu | Jl. Adisucipto, Ds Paulan | SOC | 225 |
| Superindo Candi | Jl. Sultan Agung No. 104 | SMG | 245 |
| Superindo Siliwangi | Jl. Siliwangi No. 322 Salaman | SMG | 210 |

Lampiran 2. Kartu Service Kendaraan Distribusi

P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

1

KARTU ORDER SERVICE
(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

Jenis Kendaraan : BOX L-300 No. Pol. : AB 8079 WB
Nama Pemegang : Nama Pengemudi : ANDI. P.

| TGL | MACAM PERBAIKAN / SPARE PART | JUMLAH | ACC | KETERANGAN |
|----------|------------------------------|--------|-----|--------------|
| 27/7/21 | Ban dalam R/L | 2 Bt | | Km. Mah |
| 29/7/21 | Ban luar Bking R/L | 2 Bt | | — |
| 08/21 | Plamen DOT 4 | 1 Bt | | |
| 08/21 | ganti tutup radiator | 1 Bt | | |
| 08/21 | gaskoli 15W 40 | 2 Lt | | |
| 10/21 | ganti kopling bawah L300 | 1 Bt | | |
| 11/10/21 | Ganti Oli Mesin | 5 Lt | | 15N-10 |
| 04/11/21 | Ganti Ban Luar Depan | 2 Bt | | 700 R 14 R/L |
| 01/21 | Maintenance 15/6 | 1 Bt | | Habis |
| 24/21 | lager tension L300 | 1 Bt | | |
| 28/21 | Tension belt | 2 Bt | | |
| 01/21 | Reming belt pendek | 2 Bt | | |
| | Tempelan 10 | 2 Bt | | |
| | Tempelan 10 | 2 Bt | | |
| | Sending L300 | 1 Bt | | |
| | Sedil 300 3300 | 2 Bt | | |
| | Sedil Balance 300 L300 | 1 Bt | | |
| | Sedil Balance 300 | 1 Bt | | |
| | Sedil Nelan 300 L300 | 1 Bt | | |
| | Bund Stelan Tempelan | 2 Bt | | |
| | Tension L300 | 1 Bt | | |
| | Tutup Oli 43 | 1 Lt | | |

Sie Kendaraan,

P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

1

KARTU ORDER SERVICE
(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

Jenis Kendaraan : BOX L-300 No. Pol. : AB 8079 WB
Nama Pemegang : Nama Pengemudi : ANDI. PRASETYO

| TGL | MACAM PERBAIKAN / SPARE PART | JUMLAH | ACC | KETERANGAN |
|-------|----------------------------------|--------|-----|------------|
| 06/20 | ganti oli Shell Rimula | 7 Lt | | spare mot |
| 10/20 | ganti ACCU Mobil 12V-65AH | 1 Bt | | accu rusak |
| 01/20 | ganti muka stop lamp | 2 Bt | | pacah |
| 26/20 | Ban dalam L300 700 R 14 | 2 Bt | | 2 Bt dalam |
| 26/20 | ganti oli KIXX 15W 40 | 5 Lt | | |
| 01/20 | ganti Ban Luar Belakang 300 R 14 | 2 Bt | | Ban tipis |
| 08/20 | ganti rem DOT 3 | 2 Bt | | rem rusak |
| 09/20 | ganti kopling bawah | 2 Bt | | |
| 11/21 | ganti 3 pin | 1 Bt | | |
| 01/21 | Drug Lager | 1 Bt | | |
| 19/21 | lager 3 pin L300 | 1 Bt | | |
| 09/21 | ganti oli KIXX 15W 40 | 5 Lt | | |
| 09/21 | Ganti Kampas Rem | 1 SET | | |
| 24/21 | Ban dalam L-300 | 2 Bt | | |
| 25/21 | Ban luar 700 R 14 | 2 Bt | | |
| 02/21 | TUTUP OLI MESIN | 1 Bt | | |

Sie Kendaraan,


P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

2

KARTU ORDER SERVICE
(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

(Box)

Jenis Kendaraan : MITSUBISHI CANTER No. Pol. : AB 8090 VT

Nama Pemegang :  Nama Pengemudi : BOKLI

| TGL | MACAM PERBAIKAN / SPARE PART | JUMLAH | ACC | KETERANGAN |
|-------|-------------------------------|--------|-----|------------|
| 10/20 | Stop Lamp | 1 SE | | |
| 11/20 | ganti oli Kixx 15W 40 | 8 LE | | |
| 12/21 | ban Truck F50 R16 | 2 BH | | |
| 12/21 | - filter oli | 1 BH | | |
| 15/20 | - filter solar | 1 BH | | |
| 30/20 | Wiper blade 20" | 2 BH | | |
| 10/20 | DONGKOR BOTOL 10 TON | 1 BH | | |
| 15/21 | ganti fan belt u4449 | 2 BH | | |
| 06/21 | kapasitor kopling at33 3/8 | 1 SET | | |
| 06/21 | kapasitor kopling banoh 3/8 | 1 SET | | |
| 09/21 | ban truck Yellowoxin belalang | 2 BH | | |
| 10/21 | ganti oli Kixx 15W 40 | 8 LE | | |
| 13/21 | - filter oli MEO15302 | 1 BH | | |
| 03/21 | - filter solar UFC011 | 1 BH | | |
| 13/21 | ganti oli Kixx 15W 40 | 8 LE | | |
| 19/21 | ganti fan belt PS 125 | 1 BH | | |
| 04/21 | | | | |
| | | | | km. 40351 |

Sie Kendaraan,

P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

KARTU ORDER SERVICE
(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

Jenis Kendaraan : TRUK BOX No. Pol. : KB.8090.VT

Nama Pemegang : Nama Pengemudi : BOKLI

[illegible]

Sie Kendaraan,

P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

4

KARTU ORDER SERVICE

(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

(BOX)

Jenis Kendaraan : MITSUBISHI PS-100 No. Pol. : AB 8460 RB

Nama Pemegang : Nama Pengemudi : VALEN

| TGL | MACAM PERBAIKAN / SPARE PART | JUMLAH | ACC | KETERANGAN |
|-------|-------------------------------|--------|-----|-------------|
| 05/20 | ganti ban bus 50 R15 | 2 Bh | | ban standar |
| 07/20 | ganti oli mesin Shell Gemak | 8 Lt | | |
| 07/20 | Ring pelek R15 | 1 Bh | | Ring pelek |
| 29/20 | ipale air ACCU | 1 Bh | | |
| 05/20 | ganti oli kixx 15W 40 | 8 Lt | | |
| 07/20 | ganti ban bus 50 R15 | 2 Bh | | Valkonisia |
| 07/20 | ganti oli mesin kixx 15W 40 | 8 Lt | | KM 358 330 |
| 10/20 | Wiper blade 16" | 2 Bh | | |
| 05/20 | Kompas rem belakang | 1 St | | |
| 11/20 | Kompas rem depan | 1 St | | |
| 07/20 | ganti oli 15W 40 | 8 Lt | | |
| 07/20 | ganti ban bus Valkonisia | 2 Bh | | ban bus |
| 07/20 | ACCU mobil | 1 Bh | | |
| 02/20 | ganti ban bus luar truck | 2 Bh | | |
| 02/20 | ganti ban bus dalam truck | 4 Bh | | |
| 09/21 | master rem belakang 1 1/2 RBL | 1 Bh | | |
| 10/21 | Kompas rem belakang RBL | 1 St | | |
| | Master rem depan 1 1/2 RBL | 1 Bh | | |

Sie Kendaraan,

P2G MADUBARU PT.
YOGYAKARTA

KARTU ORDER SERVICE

(PERBAIKAN / SPARE PART / DLL)

(BOX)

Jenis Kendaraan : MITSUBISHI PS-100 No. Pol. : AB 8460 RB

Nama Pemegang : Nama Pengemudi : VALEN

| TGL | MACAM PERBAIKAN / SPARE PART | JUMLAH | ACC | KETERANGAN |
|----------|---------------------------------|--------|-----|-------------|
| 10/21 | ganti master rem belakang 1 1/2 | 10 Bh | | |
| 10/21 | Master rem DOT 4 | 2 Bh | | |
| 07/21 | wheel cylinder 1 1/2 | 2 Bh | | |
| 25/21 | ganti filter solar | 1 Bh | | Km 372.281 |
| 28.4.21 | ganti ban luar bus | 2 Bh | | Km. 372.723 |
| | 750-15 | | | |
| | ganti starter 750-15 | 2 Bh | | |
| 19.04.21 | ganti oli standar | 1 Lt | | Km. 372.812 |
| | ganti oli presheling | 1 Lt | | |
| 25/21 | ganti oli mesin kixx 15W 40 | 8 Lt | | Km 381147 |
| 09/21 | filter udara MB 120390 | 1 Bh | | |

Sie Kendaraan,