

**ANALISIS *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
(CVRP) PADA PRODUK AMDK AIRKU KEMASAN CUP
240ML DENGAN METODE *MIXED INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING (MILP) DAN ALGORITMA *SWEEP-MILP*
(Studi Kasus pada PDAM Tirta Binangun Kulon Progo)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Akademik untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik (S.T.)



Diajukan Oleh:

Tery Abdian Pebrianur

14660014

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2021



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-215/Un.02/DST/PP.00.9/01/2022

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) pada Produk AMDK Airku Kemasan 240ml dengan Metode Mixed Integer Linear Programming (MILP) dan Algoritma Sweep-MILP (Studi Kasus pada PDAM Tirta Binangun Kulon Progo)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : TERY ABDIAN PEBRIANUR
Nomor Induk Mahasiswa : 14660014
Telah diujikan pada : Senin, 17 Januari 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : B+

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D.

SIGNED

Valid ID: 61ec0952a5442



Penguji I

Dr. Yandra Rahadian Perdana, ST., MT

SIGNED

Valid ID: 61ea5fb9342f1



Penguji II

Herninanjati Paramawardhani, M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 61eb12570b1ef



Yogyakarta, 17 Januari 2022

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 61ec0bd1f141c

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : Tery Abdian Pebrianur

NIM : 14660014

Judul Skripsi : Analisis *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* pada Produk AMDK Airku Kemasan Cup 240ml Dengan Metode *Mixed Integer Linear Programming (MILP)* Dan Algoritma *Sweep-MILP* (Studi Kasus pada PDAM Tirta Binangun Kulon Progo)

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri

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

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 11 Januari 2022

Dosen Pembimbing



Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19790806 200604 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tery Abdian Pebrianur
Nim : 14660014
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul: “ANALISIS *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* (CVRP) PADA PRODUK AMDK AIRKU KEMASAN CUP 240ML DENGAN METODE *MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING* (MILP) DAN ALGORITMA *SWEEP-MILP* (Studi Kasus pada PDAM Tirta Binangun Kulon Progo)” adalah hasil penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain kecuali bagian tertentu yang saya ambil sebagai bahan acuan.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penyusun.

Yogyakarta, 24 Januari 2022

Yang menyatakan,



Tery Abdian Pebrianur

14660014

MOTTO

“Orang bijak belajar dari sejarah, orang bodoh belajar dari pengalaman.”

“Kegagalan merupakan pengalaman yang paling bernilai.”

“Jangan takut gagal, jangan takut orang melihatmu gagal, karena kegagalan merupakan jalan terbaik untuk membentuk diri sendiri.”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri dan untuk keluarga saya terutama kedua orang tua saya.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam semoga terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabat, serta kepada seluruh umatnya sampai akhir zaman. Penyusunan skripsi ini melibatkan banyak pihak yang turut berpartisipasi demi terwujudnya karya ini. Oleh sebab itu ucapan terima kasih dihaturkan sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr.Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga.
2. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Cahyono Sigit Pramudyo, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Industri.
4. Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing.
5. Hasyim, Imam, Doni, Ali, Wicak, Nico, dan Ridho selaku teman-teman seperjuangan, yang kerap membantu dan menjadi *support system* yang tidak berpikir dua kali untuk membantu.
6. Bapak dan ibu yang telah mendukung secara finansial dan mental.
7. Garasi 2014 selaku teman teman seangkatan, yang sudah berproses bersama.

Yogyakarta, 12 Agustus 2021

Penulis

Tery Abdian Pebrianur

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAH SKRIPSI.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Asumsi Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Transportasi	7

2.3.	<i>Vehicle Routating Problem</i>	8
2.3.1.	CVRP	9
2.3.2.	Metode Penyelesaian VRP.....	9
2.4.	Algoritma <i>Sweep</i>	11
2.5.	<i>Linear Programming</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1.	Objek Penelitian	13
3.2.	Jenis Data	13
3.3.	Metode Pengumpulan Data	14
3.4.	Metode Pengolahan Data.....	14
3.5.	Diagram Alir Penelitian.....	15
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		17
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	17
4.1.1.	Proses Produksi	17
4.1.2.	Proses Distribusi	18
4.2	Pengumpulan Data	19
4.2.1	Data Alamat Agen AMDK Air Ku	19
4.2.2	Data Jarak Gudang dan Antar Agen.....	22
4.2.3	Data Rute Perusahaan	24
4.2.4	Data Rute Peneliti Terdahulu	25
4.3	Pengolahan Data.....	27

4.3.1.	MILP	27
4.3.2.	Pengelompokan dengan Metode Algoritma <i>Sweep</i>	39
4.3.3.	Penentuan Rute <i>Cluster</i> dengan MILP.....	47
4.3.4.	Rute Usulan Algoritma <i>Sweep</i> -MILP	55
4.4	Analisis dan Pembahasan	56
BAB V PENUTUP.....		60
5.1.	Kesimpulan.....	60
5.2.	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		L-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Metode Penyelesaian VRP	10
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 4.1. Diagram Alir Proses MILP	27
Gambar 4.2. Hasil <i>Running</i> Lingo 18.0 MILP Semua Agen	31
Gambar 4.3. Rute Satu MILP	33
Gambar 4.4. Rute Dua MILP	34
Gambar 4.5. Rute Tiga MILP	35
Gambar 4.6. Rute Empat MILP	36
Gambar 4.7. Rute Lima MILP	37
Gambar 4.8. Rute Enam MILP	38
Gambar 4.9. Rute Tujuh MILP	39
Gambar 4.10. Diagram Alir Algoritma <i>Sweep</i>	40
Gambar 4.11. Pembuatan Peta Baru	41
Gambar 4.12. Titik Pabrik dan Agen	41
Gambar 4.13. Pabrik AMDK Air Ku sebagai pusat	42
Gambar 4.14. Garis Tarik Titik Agen	42
Gambar 4.15. Sudut Polar Depot dan Agen pada Bidang Dua Dimensi	43
Gambar 4.16. Hasil <i>Running</i> Lingo pada <i>Cluster</i> 1	50
Gambar 4.17. Rute Distribusi <i>Cluster</i> 1	51
Gambar 4.18. Rute Distribusi <i>Cluster</i> 3	52
Gambar 4.19. Rute Distribusi <i>Cluster</i> 4	53
Gambar 4.20. Rute Distribusi <i>Cluster</i> 6	54
Gambar 4.21. Rute Distribusi <i>Cluster</i> 7	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Posisi penelitian	7
Tabel 4.1. Daftar Alamat dan Jumlah Permintaan Agen	19
Tabel 4.2. Jarak antar Agen (Satuan km).....	22
Tabel 4.3. Rute Awal Pendistribusian Produk Air Ku	24
Tabel 4.4. Biaya Distribusi Awal Produk Air Ku	24
Tabel 4.5. Rute Distribusi <i>Saving Matrix – Nearest Neighbor</i>	25
Tabel 4.6. Biaya Bahan Bakar Metode <i>Saving Matrix-Nearest Neighbor</i>	25
Tabel 4.7. Rute Distribusi <i>Sequential Insertion</i>	26
Tabel 4.8 Perhitungan Biaya Bahan Bakar Metode <i>Sequential Insertion</i>	26
Tabel 4.9. Rute Usulan MILP	32
Tabel 4.10 Perhitungan biaya Bahan Bakar Metode MILP	32
Tabel 4.11. Daftar Permintaan dan Sudut Polar.....	43
Tabel 4.12. Urutan Sudut Polar.....	45
Tabel 4.13. <i>Cluster</i> pada Distribusi AMDK Air Ku	46
Tabel 4.14. Data <i>Cluster 2</i>	47
Tabel 4.15. Matriks Jarak <i>Cluster 2</i> (Satuan km)	48
Tabel 4.16. Matriks Jarak <i>Cluster 1</i> (Satuan km)	48
Tabel 4.17. Rute usulan Algoritma <i>Sweep-MILP</i>	55
Tabel 4.18 <i>Running Time</i> dan Biaya Distribusi Algoritma <i>Sweep-MILP</i>	56
Tabel 4.19. Perbandingan Hasil Rute Distribusi	58
Tabel 4.20. Perbandingan Persentase Penghematan	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sejarah dan Profil Perusahaan	L-1
Lampiran 2 <i>Input</i> Aplikasi Lingo 18.0 Metode MILP	L-2
Lampiran 3 <i>Output</i> Aplikasi Lingo 18.0 Metode MILP	L-5
Lampiran 4 <i>Input</i> Aplikasi Lingo 18.0 Metode Algoritma <i>Sweep</i> -MILP	L-12
Lampiran 5 <i>Output</i> Aplikasi Lingo 18.0 Metode Algoritma <i>Sweep</i> -MILP	L-18



**ANALISIS CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)
PADA PRODUK AMDK AIRKU KEMASAN CUP 240ML DENGAN
METODE MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING (MILP) DAN
ALGORITMA SWEEP-MILP**

(Studi Kasus : PDAM Tirta Binangun Kulon Progo)

**Tery Abdian Pebrianur
14660014**

Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jalan Marsda Adisucipto, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Proses distribusi merupakan salah satu komponen penting yang mempengaruhi keunggulan kompetitif suatu perusahaan. Tidak optimalnya perencanaan sistem distribusi berdampak pada tingginya biaya distribusi. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun Kulon Progo merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan nama produk AirKu. Tingginya permintaan produk AMDK AirKu kemasan cup 240 ml, terbatasnya kendaraan dengan kapasitas minim dan belum adanya standar rute distribusi yang jelas menyebabkan proses pendistribusian masih dilakukan secara acak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil rute pendistribusian yang diperoleh dengan rute perusahaan dan rute dari penelitian terdahulu guna memaksimalkan rute distribusi dan menambahkan opsi untuk perusahaan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dimana penentuan rute dilakukan dengan adanya batasan kapasitas kendaraan. Penyelesaian permasalahan CVRP menggunakan metode eksak yaitu *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dan juga metode heuristik yaitu algoritma *Sweep*. MILP digunakan sebagai metode penyelesaian langsung dan juga sebagai metode lanjutan penentuan rute berdasarkan pembagian grup algoritma *Sweep*. Pada awal perusahaan jarak yang ditempuh adalah 403,16km. Berdasarkan penelitian diperoleh total jarak menggunakan MILP adalah 257,36km dan menggunakan *Sweep-MILP* adalah 309,4km. Sedangkan pada penelitian terdahulu, jarak yang didapatkan menggunakan metode *Saving Matrix-Nearest Neighbor* adalah 282,71km dan metode *Sequential Insertion* adalah 278km. Metode MILP menghasilkan rute distribusi terpendek dengan penghematan jarak sebesar 145,8km atau 36% lebih baik dari rute awal.

Kata Kunci : *Distribusi, AMDK AirKu, CVRP, MILP, algoritma Sweep*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses distribusi produk merupakan aktivitas memindahkan produk dari sumber ke konsumen akhir dengan saluran distribusi pada waktu yang tepat (Assauri, 2016). Proses distribusi termasuk dalam unsur penting yang mempengaruhi tingkat keuntungan suatu perusahaan. Tanpa adanya pola distribusi yang optimal, proses distribusi produk dapat memakan biaya tinggi dan mengakibatkan pemborosan waktu, jarak, dan tenaga (Raharjo *et al.*, 2013). Salah satu strategi yang dapat digunakan oleh perusahaan adalah dengan merencanakan dan menentukan rute distribusi yang benar-benar optimal, sehingga produk yang akan diterima konsumen dalam jumlah yang tepat dan biaya yang rendah (Winarno & Arifin, 2019).

Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan nama Air Ku merupakan produk dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun yang memiliki tempat produksi di Secang, Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Awal mula AMDK Air Ku diproduksi bertujuan untuk diversifikasi usaha dari PDAM Tirta Binangun. Pada tahun 2013, produk Air Ku pertama kali muncul dengan ukuran gelas 240 ml dan dikemas di dalam kardus dimana setiap kardus berisikan 48 gelas. Ditemukan beberapa permasalahan distribusi yang ada di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo, diantaranya: ketidak seimbangan antara jumlah dan kapasitas kendaraan yang berjumlah 1 unit dengan tingginya jumlah permintaan produk AMDK Air Ku untuk kemasan gelas 240 ml, jadwal distribusi produk harian yang tidak pasti, dan standar rute distribusi yang jelas belum tersedia, sehingga proses distribusi produk AMDK Air Ku ke agen-agen di wilayah Kulon Progo masih dilakukan secara acak dengan berdasarkan kehendak sopir. Dibutuhkan upaya untuk mengatasi permasalahan yang terdapat pada perusahaan yaitu dengan pengaturan rute distribusi *Capasitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*.

Penentuan rute distribusi sering kali mengalami permasalahan. Terdapat berbagai jenis permasalahan dalam penentuan rute distribusi, salah satunya adalah

CVRP. CVRP merupakan permasalahan yang terjadi pada penentuan rute distribusi yang optimal yang memperhatikan kendala di setiap kendaraan dengan kapasitas tertentu. CVRP sudah banyak diteliti dan diterapkan secara nyata oleh perusahaan. Metode-metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan mengenai CVRP tersebut yaitu: metode optimasi (*exact*) yang menghasilkan jawaban terbaik dari persoalan dan metode heuristik yang menggunakan pendekatan intuisi. Metode Heuristik merupakan metode yang tidak mengeksplorasi solusi dan solusi yang didapatkan kualitasnya cukup baik dengan waktu perhitungan yang singkat (Dreo *et al.*, 2006). Beberapa metode Heuristik yang dapat digunakan antara lain *Saving Matrix*, *Nearest Neighbour*, *Algoritma Sweep*, dan *Sequential Insertion*.

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai optimasi rute distribusi dengan judul “Penentuan Rute Distribusi Produk AMDK Air Ku Kemasan Cup 240 ml Dengan Menggunakan Metode *Saving Matrix* dan Metode *Sequential Insertion*” yang disusun oleh Yusuf (2020). Perbedaan dari penelitian sebelumnya yaitu jenis algoritma yang digunakan pada penelitian kali ini adalah algoritma eksak, yaitu metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dan algoritma heuristik yaitu metode algoritma *sweep-MILP*. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan sebagai evaluasi penentuan rute distribusi produk AMDK Air Ku kemasan cup 240 ml di Kulon Progo paling optimal. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat dalam menyediakan berbagai alternatif dan literatur khususnya dalam hal pemilihan metode optimasi rute distribusi AMDK Air Ku di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo kedepannya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang ada maka masalah yang dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manakah yang optimal untuk rute distribusi produk AMDK Air Ku dengan metode MILP dan Algoritma *Sweep-MILP* untuk meminimalkan biaya distribusi?

2. Berapakah perbedaan hasil optimasi rute distribusi produk AMDK Air Ku antara metode MILP dan Algoritma *Sweep*-MILP dengan rute perusahaan dan rute penelitian terdahulu?
3. Manakah metode yang paling optimal untuk total jarak tempuh dalam proses distribusi produk AMDK “Air Ku” di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo pada September 2019?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan rute distribusi optimal dan biaya produksi produk Air Ku berdasarkan metode MILP dan Algoritma *Sweep*-MILP.
2. Mengetahui perbedaan hasil optimasi rute distribusi produk Air Ku antara metode MILP dan Algoritma *Sweep*-MILP dengan rute perusahaan dan rute penelitian terdahulu.
3. Menentukan metode yang paling optimal untuk total jarak tempuh dalam proses distribusi produk AMDK Air Ku di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo pada September 2019.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Memberikan evaluasi rute distribusi produk AMDK Air Ku di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo.
2. Dapat meminimalkan biaya distribusi produk AMDK Air Ku.
3. Memberikan alternatif dan literatur dalam hal penentuan rute distribusi produk AMDK Air Ku di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo.

1.5. Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam penelitian ini terarah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah data yang digunakan berdasarkan data penelitian sebelumnya mengenai kegiatan distribusi produk AMDK Air Ku di PDAM kemasan Cup 240 mL Tirta Binangun Kulon Progo pada September 2019, meliputi: data permintaan, jenis dan kapasitas

kendaraan, data alur distribusi, data alamat pelanggan, jarak antar titik, dan operasional.

1.6. Asumsi Penelitian

Agar permasalahan dalam penelitian ini terarah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai, maka penulis memberikan asumsi penelitian yaitu:

1. Jalan yang dilalui kendaraan normal tanpa adanya gangguan apapun.
2. Perusahaan memiliki satu jenis kendaraan berjenis mobil box
3. Menambah jumlah armada bukan merupakan prioritas
4. Kendaraan yang digunakan dalam kondisi baik dengan kecepatan rata-rata 40 Km/Jam berdasarkan penelitian sebelumnya.
5. Jarak dari gudang ke agen dan agen ke agen adalah simetris.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan pembahasan mengenai optimalisasi rute distribusi produk AMDK Air Ku, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan data dengan menggunakan metode MILP didapatkan tujuh *cluster* dengan total jarak 257,36 dan biaya produksi sebesar Rp200.740,80, sedangkan pengolahan data dengan metode Algoritma *Sweep-MILP* didapatkan total jarak sebesar sebesar 309,4 dan biaya produksi sebesar Rp220.513,80. Rute distribusi produk AMDK Air Ku yang paling optimal didapatkan berdasarkan metode pengolahan MILP langsung dengan bantuan aplikasi Lingo 18.0.
2. Pengolahan dengan metode MILP menghasilkan persentase penghematan jarak sebesar 36% dengan selisih 145,8 km dan persentase penghematan biaya sebesar 26,67% dibandingkan dengan rute perusahaan dan 7% lebih hemat dengan selisih jarak total sebesar 20,64 km dibandingkan rute optimal penelitian dahulu yang didapat dengan metode dengan metode pengolahan *Sequential Insertion*. Sedangkan pengolahan menggunakan metode Algoritma *Sweep-MILP* sebagai metode penentuan rute menghasilkan persentase penghematan sebesar 23% dengan selisih 93,76 km dan persentase penghematan biaya sebesar 19,45% dibandingkan dengan rute perusahaan. Metode Algoritma *Sweep-MILP* tidak lebih efektif dibandingkan metode yang digunakan oleh peneliti terdahulu yaitu *Saving Matrix – Nearest Neighbour* dan metode *Sequential Insertion*.
3. Metode yang paling optimal dalam proses pencarian rute distribusi produk AMDK Air Ku di PDAM Tirta Binangun Kulon Progo pada September 2019 dengan total jarak tempuh paling sedikit adalah metode MILP.

5.2. Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode MILP dapat digunakan oleh perusahaan pada distribusi air minum di wilayah lain dengan *sample* data agen yang relatif sedikit.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain dengan pembandingan lain untuk mendapatkan jarak yang optimal dengan menambahkan unsur pertimbangan waktu, dan keadaan jalan raya.



DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2016). *Manajemen Operasi Produksi (Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan)* (3 ed.). PT Raja Grafindo.
- Bowersox, D. (1995). *Manajemen Logistik 1 Integrasi Sistem-Sistem Manajemen Distribusi Fisik dan Manajemen Material*. Bumi Aksara.
- Brian Kallehauge, Jesper Larsen, O. B. G. M. (2001). Lagrangean Duality Applied on Vehicle Routing with Time Windows. *Informatics and Mathematical Modelling*.
- Bula, G. A., Gonzalez, F. A., Prodhon, C., Afsar, H. M., & Velasco, N. M. (2016). Mixed Integer Linear Programming Model for Vehicle Routing Problem for Hazardous Materials Transportation. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 538–543. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.691>
- Chandran, B., & Raghavan, S. (2008). Modeling and Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem on Trees. *Springer, Boston, MA*, 43.
- Dreo, J., Siarry, P., Petrowski, A., & Taillard, E. (2006). *Metaheuristics for Hard Optimization: Methods and Case Studies*.
- Gouveia, L. (1995). Theory and Methodology : A result on Projection for The Vehicle Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 85(94), 610–624.
- Herawati, C., Adiarto, R. H., & Mustofa, F. H. (2015). Usulan Rute Distribusi Tabung Gas 12 Kg Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour Dan Algoritma Tabu Search di PT. X Bandung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. ISSN: 2338-5081, 03(02)*, 209–220.
- Jaramillo, J. R. (2011). *The Green Vehicle Routing Problem* Juan R. Jaramillo. 8.
- Kotler, P. (1988). *Manajemen Pemasaran: Analisis, Perencanaan, Implementasi, dan Pengendalian*.
- Kristina, S., Doddy Sianturi, R., & Husnadi, R. (2020). Penerapan Model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Google OR-Tools untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF). *Jurnal Telematika*, 15(2), 101–106.
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, 41(4 PART 1), 1118–1138.
- Muslich, M. (2010). *Metode Pengambilan Keputusan Kuantitatif* (1 ed.). Bumi Aksara.
- Peya, Z. J., Akhand, M. A. H., Sultana, T., & Hafizur Rahman, M. M. (2019). Distance based Sweep Nearest algorithm to solve Capacitated Vehicle Routing Problem. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(10), 259–264. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0101036>
- Raharjo, H., Aryani, E., & Ernawati, D. (2013). *MINIMALISASI BIAYA*

- DISTRIBUSI KAYU DENGAN METODE CLARKE AND WRIGHT SAVING HEURISTIC (DI CV. SUMBER JAYA GRESIK)*. 46–56.
- Rini, I. T., Palgunandi, Y. S., & Harjito, B. (2015). *Algoritma Palgunandi Untuk Menyelesaikan Single Dan Multi*. 2015(Sentika), 431–443.
- Rosdiahti, R. (2018). PEMODELAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) UNTUK MENGOPTIMALKAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK HALAL DAN NON HALAL (Pendekatan Studi Komputasi). *Skripsi Teknik Industri. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*.
- Salim, A. (1993). *Manajemen Transportasi*. PT Raja Grafindo.
- Saraswati, R., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Koran : Studi Kasus. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 11(2), 41–44. <https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41-44>
- Subagyo, P. (2014). *Riset Operasi*. Universitas Terbuka.
- Supranto, J. (2013). *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan* (3 ed.). PT Raja Grafindo.
- Sutapa, I. N., & Widyadana, I. G. A. (2003). Studi Tentang Travelling Salesman Dan Vehicle Routing Problem Dengan Time Windows. *Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 81–89.
- Suthikarnnarunai, N. (2008). A Sweep Algorithm for the Mix Fleet Vehicle Routing Problem. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2169(1), 1914–1919.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). Models, Relaxations and Exact Approaches for The Capacitated Vehicle Routing Problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123(1–3), 487–512.
- Winarno, H., & Arifin, S. (2019). Penentuan Rute Distribusi Produk Yang Optimal Dengan Menggunakan Clarke and Wright Saving Heuristik. *Journal Industrial Manufacturing*, 4(1), 13.
- Yusuf, R. (2020). *SKRIPSI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK AMDK AIRKU KEMASAN CUP 240ML DENGAN MENGGUNAKAN METODE SAVING MATRIX (NEAREST NEIGHBOR) DAN METODE SEQUENTIAL INSERTION*.