

**APLIKASI METODE *MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING* (MILP)
DALAM *HETEROGENEOUS FLEET CAPACITATED VEHICLE*
ROUTING PROBLEM (HFCVRP)
(STUDI KASUS UMKM BAKPIA PATHOK TERBIT)**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh :

Nama Lengkap : Endarti Puspitasari

NIM : 20106060005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2024

LEMBAR PENGESAHAN



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-838/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

Tugas Akhir dengan judul : Aplikasi Metode Mixed Integer Linear Programming (MILP) dalam Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HFCVRP) (Studi Kasus UMKM Bakpia Pathok Terbit)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ENDARTI PUSPITASARI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106060005
Telah diujikan pada : Senin, 03 Juni 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 665f08c7eb03f

Ketua Sidang

Ir. Taufiq Aji, S.T. M.T., IPM.
SIGNED



Valid ID: 665cd732af5ff

Penguji I

Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T.,
IPM., ASEAN Eng
SIGNED



Valid ID: 665e831b76499

Penguji II

Ir. Titi Sari, S.T., M.Sc., IPM.
SIGNED



Valid ID: 665f024b61545

Yogyakarta, 03 Juni 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

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 : Endarti Puspitasari

NIM : 20106060005

Judul Skripsi : **“Aplikasi Metode *Mixed Integer Linear Programming (MILP)* Dalam *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HFCVRP)* (Studi Kasus **UMKM Bakpia Pathok Terbit**)”**

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

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 29 Mei 2024
Dosen Pembimbing Skripsi,



Ir. Taufiq Aji, S.T. M.T., IPM.
NIP 19800715 200604 1 002

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Endarti Puspitasari

NIM : 20106060005

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: **“Aplikasi Metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) Dalam *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem* (HFCVRP) (Studi Kasus UMKM Bakpia Pathok Terbit)”** adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagian dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 28 Mei 2024
Yang menyatakan,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAYAN
YOGYAKARTA



Endarti Puspitasari
NIM 20106060005

SURAT PERNYATAAN MEMAKAI JILBAB

SURAT PERNYATAAN MEMAKAI JILBAB

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Endarti Puspitasari
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jurusan : Teknik Industri
NIM : 20106060005

Dengan ini menyatakan bahwa saya:

1. Sebagai wanita muslim maka saya memakai foto berjilbab untuk ijazah S1 Teknik Industri.
2. Bersedia bertanggung jawab atas pernyataan ini dan jika suatu saat nanti ijazah saya bermasalah karena saya memakai foto berjilbab maka saya tidak akan menuntut pihak pendidikan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan dengan penuh kesadaran untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Yogyakarta, 28 Mei 2024

Yang membuat pernyataan,



Endarti Puspitasari

NIM 20106060005

MOTTO

“Hal sekecil apapun akan membawa perubahan maka teruslah berjuang meski
hanya hal kecil”

“Teruslah Bersyukur, Berusaha, Berdoa dan Bertawakal”

“Ingatlah selalu niat awal perjuanganmu”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Aplikasi Metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) Dalam *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem* (HFCVRP) (Studi Kasus UMKM Bakpia Pathok Terbit).

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman pembaca tentang analisis berbagai masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan dalam meningkatkan efisiensi rute distribusinya. Skripsi ini juga disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Selama penyusunan ini, penulis mengalami banyak kesulitan dan kendala. Namun, dengan adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan maksimal. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Wardiyem selaku ibuku tercinta yang selalu memberikan segalanya yang dimiliki kepadaku dan almarhum ayah serta seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan yang terbaik.
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga beserta seluruh jajarannya yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan permasalahan dan kebutuhan di lingkungan kampus.

3. Bapak Dr. Ir. Yandra Rahadian Perdana, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Ir. Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang telah memberikan berbagai nasihat ataupun dorongan lainnya sehingga meningkatkan semangat penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ir. Taufiq Aji, S.T. M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan nasihat, arahan ataupun bimbingan dimanapun dan kapanpun sehingga penulis lebih mudah dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh tenaga pengajar dan staf di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan dukungan, pengajaran, bimbingan, dan pelayanan selama studi berlangsung.
7. Seluruh pihak UMKM Bakpia Pathok Terbit terutama Bapak Yudi Siswanto selaku pemilik UMKM Bakpia Pathok Terbit yang telah memberikan bantuan selama penelitian berlangsung.
8. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan semangat dan doa terutama Fitri Nur Khasanah, Qoriatun Nisa, Anisa Putri, rekan-rekan Gletser yang berproses dan berjuang bersama mencapai cita-cita, dan kakak tingkat yang bersedia membantu penyelesaian error koding.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dengan keberkahan nikmat dunia dan akhirat pada setiap pihak yang membantu, *aamiin*.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul *Aplikasi Metode Mixed Integer Linear Programming (MILP) Dalam Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HFCVRP)* (Studi Kasus UMKM Bakpia Pathok Terbit).

Skripsi ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman pembaca tentang analisis berbagai masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan dalam meningkatkan efisiensi rute distribusinya. Skripsi ini juga disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Selama proses penyusunan ini, penulis menghadapi berbagai kesulitan dan hambatan, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini mendapatkan balasan dari Allah SWT, *aamiin*. Demi perbaikan di masa mendatang, penulis maupun pembaca dengan rendah hati mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Yogyakarta, 27 Mei 2024

Penulis

Endarti Puspitasari
NIM. 20106060005

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
SURAT KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN MEMAKAI JILBAB	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Landasan Teori	11

BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1. Objek Penelitian	20
3.2. Metode Pengumpulan Data	20
3.3. Validitas/Reliabilitas	22
3.4. Variabel Penelitian	23
3.5. Model Analisis	23
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	25
BAB IV	27
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	27
4.1.1 Sejarah.....	27
4.1.2 Struktur Organisasi	28
4.1.3 Proses Produksi	29
4.2 Pengumpulan Data	31
4.2.1 Data Kendaraan.....	31
4.2.2 Data Produk.....	32
4.2.3 Data Agen.....	34
4.2.4 Data Permintaan dan Rute <i>Existing</i>	36
4.3 Hasil Analisis	37
4.3.1 Pengembangan Model HFCVRP	37
4.3.2 Pembuatan Kode CPLEX.....	44

4.3.3	Implementasi Model.....	48
4.4	Pembahasan	51
4.5	Implikasi Manajerial.....	53
BAB V.....		56
KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Masalah dan Teknik Optimasi	13
Gambar 2. 2 Solusi Permasalahan VRP.....	14
Gambar 2. 3 Klasifikasi VRP.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi UMKM Bakpia Pathok Terbit.....	28
Gambar 4. 2 Alur Produksi Pembuatan Bakpia Pathok Terbit	29
Gambar 4. 3 Kendaraan Distribusi Produk	31
Gambar 4. 4 Prosedur Pengiriman	31
Gambar 4. 5 Kemasan Produk Bakpia	33
Gambar 4. 6 Peta Sebaran Agen	35
Gambar 4. 7 Proses Input Data	49
Gambar 4. 8 Matriks Jarak	49
Gambar 4. 9 Output dalam File txt.....	50
Gambar 4. 10 Output pada tampilan Excel	50
Gambar 4. 11 Output pada tampilan CPLEX.....	51
Gambar 4. 12 Output visualisasi dalam Google Maps.....	51

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian-Penelitian Sebelumnya Terkait Vehicle Routing Problem ...	7
Tabel 4. 1 Dimensi Boks Kendaraan	31
Tabel 4. 2 Ukuran Produk Bakpia.....	32
Tabel 4. 3 Data Lokasi Agen.....	34
Tabel 4. 4 Data Permintaan dan Rute Existing	36
Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Rute.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Pernyataan Validitas	L-1
Lampiran 2 Tampilan Pengolahan Data dan Koding CPLEX	L-2
Lampiran 3 Lembar Wawancara	L-15
Lampiran 4 Dokumentasi	L-16
Lampiran 5 Petunjuk Penggunaan	L-17



ABSTRAK

Proses pengiriman yang belum optimal dapat meningkatkan biaya operasional. Metode MILP (*Mixed Integer Linear Programming*) digunakan untuk menangani masalah VRP (*Vehicle Routing Problem*) termasuk HFCVRP atau *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem*. Model ini bertujuan meminimalkan total jarak distribusi dari kendaraan yang heterogen dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang berbeda-beda dan menghasilkan rute usulan yang dapat divisualisasikan ke dalam Google Maps. *Solver* utama yang digunakan adalah CPLEX versi 22.1.1 dengan input dan output data dari Excel. Excel mempunyai VBA (*Visual Basic for Applications*). Perhitungan matriks jarak dilakukan secara otomatis dengan *Application Programming Interface* (API) Google Maps. Model penelitian ini memiliki struktur yang jelas dan terorganisir dengan baik dan berhasil menyelesaikan masalah VRP dengan mengoptimalkan rute kendaraan untuk meminimalkan total jarak yang dilalui, mematuhi kendala kapasitas kendaraan, dan menghindari sub-tur. Namun, model ini tidak memperhitungkan biaya operasional yang lebih kompleks, keterbatasan dalam penyesuaian jumlah kendaraan secara dinamis, dan kemungkinan tingginya waktu komputasi untuk kasus dengan skala besar. Penelitian ini dilakukan pada UMKM Bakpia Pathok Terbit di mana pengolahan data menggunakan data rute *existing* selama 8 hari pada tanggal 19-27 Mei 2024 yang dapat menghemat total rute yang dilalui. Total jarak tempuh rute *existing* sebesar 2099,5 km dan jarak tempuh rute usulan MILP sebesar 1985,341 km. Persentase penghematan sebesar 6,059%. Model penelitian ini dapat lebih dikembangkan lagi dengan variasi parameter, peningkatan metode heuristik atau metaheuristik dan perbandingan *software solver*.

Kata Kunci: MILP, VRP, HFCVRP, Google Maps API, CPLEX

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

UMKM Bakpia Pathok Terbit yang terletak di Dusun Kalangbangi Kulon, Desa Ngeposari, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang didirikan oleh Bapak Yudi Siswanto sejak Februari 2012 telah memiliki sejumlah pelanggan di beberapa kota di Indonesia. Berdasarkan observasi secara langsung di UMKM Bakpia Pathok Terbit, diketahui bahwa setiap beberapa hari sekali, produk bakpia harus didistribusikan ke agen di beberapa kota seperti DIY, Tegal, Banyumas, Pemalang, Banjarnegara, Solo, Klaten, Wonogiri dan Ponorogo.

Penentuan jadwal distribusi ini tidak menentu dikarenakan distribusi bakpia oleh UMKM Bakpia Pathok Terbit didasarkan pada permintaan dari agen. Pada pendistribusiannya, UMKM Bakpia Pathok Terbit menggunakan 2 jenis kendaraan yang memiliki kapasitas berbeda. Pada pendistribusian, biaya operasional pengiriman harus diperhatikan. Hal tersebut menyebabkan UMKM Bakpia Pathok Terbit biasanya dalam sekali distribusi, pengirimannya akan menuju ke beberapa agen sekaligus untuk memasok bakpia sesuai jumlah pesanan agen. Adapun pengiriman tersebut memiliki rute pengiriman yang hanya dikira-kira oleh supir kendaraan secara pribadi. Selama ini, proses pengiriman yang ada oleh supir tersebut sudah terdistribusikan dengan baik tetapi rute yang dilewati selama proses pengiriman belum tentu menjadi rute yang paling pendek atau paling optimal. Permasalahan untuk menentukan rute distribusi yang optimal disebut *vehicle*

routing problem. Berdasarkan sistem pengiriman bakpia di UMKM Bakpia Pathok Terbit, *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang ada memiliki jenis varian yaitu *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem* (HFCVRP) karena memiliki batasan kapasitas dalam proses distribusi pengiriman dan kendaraan yang digunakan heterogen atau memiliki kapasitas yang berbeda.

Meskipun tidak ada batasan waktu pada proses pengiriman bakpia, UMKM Bakpia Pathok Terbit tetap harus memperhatikan distribusi supaya cepat sampai tujuan karena produk yang dikirimkan adalah makanan. Makanan memiliki batas masa kedaluwarsa. Adapun bakpia yang diproduksi UMKM Bakpia Pathok Terbit hanya dapat bertahan selama 12 hari dari sejak selesai diproduksi. Hal ini berpengaruh pada kualitas dari bakpia dan tentunya juga akan berdampak kepada hal lain seperti kepercayaan agen dan konsumen. Permasalahan ini menunjukkan bahwa rute distribusi pengiriman yang dilakukan oleh UMKM Bakpia Pathok Terbit dimungkinkan dapat lebih dioptimalkan lagi dengan pengaplikasian keilmuan riset operasi atau *operational research* terkait VRP. Hal ini untuk mencegah kurang optimalnya rute pengiriman yang disebabkan oleh kurangnya perencanaan secara optimal. Rute pengiriman yang tidak optimal tentu menyebabkan terjadinya pengiriman yang memiliki pemborosan sumber daya, baik dari segi tenaga kerja, waktu, biaya operasional dan hal-hal lainnya yang dapat berdampak buruk bagi keberlangsungan UMKM Bakpia Pathok Terbit.

Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HFCVRP) pada Bakpia Pathok Terbit akan diselesaikan dengan menggunakan metode algoritma *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). MILP ini digunakan untuk membuat model optimisasi dari permasalahan yang ada. Metode MILP termasuk ke dalam

metode *exact*. Meskipun permasalahan HFCVRP dapat diselesaikan dengan metode *exact* maupun metode *approximate* (Li et al., 2021). Kedua metode ini memiliki kelemahan dan keunggulannya sendiri. Berdasarkan data hasil observasi yang ada, diketahui bahwa *range* data yang dimiliki adalah tidak kompleks sehingga cocok menggunakan metode *exact*. Metode *exact* memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan metode *approximate*. Metode *exact* akan menghasilkan performa yang bagus dengan hasil *optimal solution* tetapi hanya terbatas pada data skala kecil. Jika data skala menengah ke atas performa akan menurun karena membutuhkan waktu yang lama akibat kompleksitas komputasi (Li et al., 2021).

Pada penelitian ini, penyelesaian dari masalah optimasi terkait HFCVRP dilakukan dengan menggunakan bantuan *software solver* yaitu CPLEX. Penggunaan *software* CPLEX dipilih karena CPLEX merupakan salah satu *software* optimasi yang banyak digunakan (Golden et al., 2023). Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan HFCVRP yang ada, penelitian ini bertujuan untuk membuat model matematis dengan *software* CPLEX yang dapat dipergunakan untuk memberikan perencanaan rute distribusi bakpia yang optimal berdasarkan perhitungan datanya. Penelitian ini juga bertujuan agar permasalahan penundaan pengiriman dapat menjadi lebih cepat dan dapat menekan biaya operasional.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana model matematis yang sesuai dengan permasalahan HFCVRP di UMKM Bakpia Pathok Terbit dengan tujuan meminimalkan rute distribusi?
2. Bagaimana rute distribusi yang optimal dari hasil penggunaan model matematis yang telah ditentukan?
3. Bagaimana hasil analisis penghematan jarak yang dimungkinkan terjadi dari rute distribusi usulan yang sudah optimal?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan model matematis yang sesuai dengan permasalahan HFCVRP di UMKM Bakpia Pathok Terbit dengan tujuan meminimalkan rute distribusi.
2. Memperoleh hasil rute distribusi yang optimal dengan menggunakan model matematis yang telah ditentukan.
3. Memperoleh hasil analisis penghematan jarak yang dimungkinkan terjadi dari rute distribusi usulan yang sudah optimal.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan didapatkan jika penelitian ini dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Hasil rute optimal dari HFCVRP menjadi solusi bagi UMKM Bakpia Pathok Terbit sebagai bahan pertimbangan terkait perencanaan rute distribusi yang akan datang.
2. Meningkatkan aliran rantai pasok distribusi produk bakpia karena perencanaan rute distribusi dilakukan dengan matang sehingga menjadi lebih optimal.

1.5. Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Batasan masalah untuk mempersempit ruang lingkup penelitian dan memastikan fokus yang jelas sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas masalah *Vehicle Routing Problem* (VRP) untuk rute spesialis pengiriman antar kabupaten dengan kendaraan truk.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya mencakup periode 9 hari.

Adapun asumsi yang menjadi pedoman agar penelitian ini berjalan lancar adalah:

1. Permintaan setiap agen/pelanggan diketahui.
2. Alat transportasi yang digunakan ada dua dengan jenis dan kapasitasnya masing-masing tetapi memiliki performa yang seragam dan tidak ada gangguan teknis selama penelitian berlangsung.
3. Jalan yang ditempuh diasumsikan normal, artinya tidak sempit dan tidak macet.
4. Matriks jarak tidak simetris artinya jarak i ke j belum tentu sama dengan j ke i .

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini memiliki sistematika penulisan agar laporan yang dibuat tersusun dengan baik Adapun sistematika laporan ini memuat 3 bab. Bab pertama terdapat

enam poin yaitu: latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan asumsi penelitian, dan sistematika penulisan. Bab kedua terdapat penelitian terdahulu yang relevan atau berkaitan dengan topik *vehicle routing problem* yang menjadi permasalahan pada penelitian ini. Selain itu, pada bab kedua juga berisi landasan teori yang berasal dari berbagai sumber literatur yang terakreditasi. Bab terakhir yaitu bab ketiga berisi tentang metode penelitian yang digunakan. Metode penelitian ini berupa objek penelitian, teknik pengumpulan data, validitas/reabilitas data, variabel penelitian, model analisis serta diagram alir penelitian yang menggambarkan aliran proses penelitian dari mulai hingga selesai.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh suatu hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menentukan model matematis yang sesuai dengan *Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HFCVRP)* di UMKM Bakpia Pathok Terbit yaitu *Mixed Integer Linear Programming (MILP)* di mana model yang dibuat penulis memiliki batasan model yaitu sistem input data yang tidak dinamis dan *range* data yang sedikit. Model ini memiliki struktur yang jelas dan terorganisir dengan baik dan berhasil menyelesaikan masalah VRP dengan mengoptimalkan rute kendaraan untuk meminimalkan total jarak yang ditempuh, mematuhi kendala kapasitas kendaraan, dan menghindari sub-tour. Namun, model ini tidak memperhitungkan biaya operasional yang lebih kompleks, keterbatasan dalam penyesuaian jumlah kendaraan secara dinamis, dan kemungkinan tingginya waktu komputasi untuk kasus dengan skala besar. Hasil model ini terintegrasi dengan data *latitude* dan *longitude* sehingga rute usulan dapat divisualisasikan ke dalam Google Maps.
2. Rute distribusi yang optimal langsung didapatkan dari hasil *running* dengan model MILP pada *software* CPLEX berupa urutan rute yang paling awal dimulai dan diakhiri oleh depot.
3. Hasil dari pengolahan menggunakan data rute *existing* selama 9 hari di UMKM Bakpia Pathok pada tanggal 19-28 Mei 2024 dapat menghemat total rute yang dilalui. Adapun persentase yang ditunjukkan sebesar 6,059%. Hal ini dapat

meningkatkan pengiriman yang sudah baik oleh UMKM menjadi semakin lebih baik lagi.

5.2 Saran

Adapun saran yang direkomendasikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Penerapan Sistematis: UMKM Bakpia Pathok Terbit disarankan menerapkan hasil penelitian ini secara sistematis dan berkelanjutan. Langkah awal yang dapat dilakukan adalah melatih supir dan staf terkait mengenai rute distribusi baru yang telah dioptimalkan. Namun, yang perlu diperhatikan adalah kompleksitas dalam pengkodean model MILP yang memerlukan pemahaman matematis dan keterampilan teknis yang cukup tinggi.
2. Pemantauan dan Evaluasi: Disarankan untuk melakukan pemantauan dan evaluasi berkala terhadap rute distribusi yang diimplementasikan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa rute yang digunakan tetap optimal seiring dengan perubahan permintaan dan kondisi jalan.
3. Penelitian Lanjutan: Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menguji model optimasi ini pada skala yang lebih besar atau dengan varian VRP lainnya. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan menjadi metode heuristik maupun metaheuristik kemudian menambahkan berbagai aspek yang lebih kompleks seperti biaya operasional, *time windows* dan perbandingan penggunaan software solver selain CPLEX. Penelitian ini dapat memberikan wawasan tambahan dan memperkaya pemahaman mengenai optimasi rute distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Z. H., & Yousefikhoshbakht, M. (2023a). A Hybrid Algorithm for the Heterogeneous Fixed Fleet Open Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Symmetry*, *15*(2). <https://doi.org/10.3390/sym15020486>
- Ahmed, Z. H., & Yousefikhoshbakht, M. (2023b). An improved tabu search algorithm for solving heterogeneous fixed fleet open vehicle routing problem with time windows. *Alexandria Engineering Journal*, *64*, 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.09.008>
- Ayu, T., & Nahry. (2021). Optimizing the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Window on Urban Last Mile Delivery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *830*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/830/1/012100>
- Baldacci, R., Battarra, M., & Vigo, D. (2008). Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles. In *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges* (pp. 3–27). Springer Science+Business Media, LLC 2008. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77778-8>
- Erdoğan, G. (2017). An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems. *Computers and Operations Research*, *84*, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.022>
- Fahmy, S. A. (2020). The Vehicle Routing Problem with Split Delivery and Heterogeneous Trucks and Commodities: A Case Study. *IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 900–904.
- Golden, B., Raghavan, S., & Wasil, E. (2008). *The Vehicle Routing Problem Latest Advances and New Challenges*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77778-8>
- Golden, B., Wang, X., & Wasil, Edward. (2023). *The Evolution of the Vehicle Routing Problem A Survey of VRP Research and Practice from 2005 to 2022*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18716-2>
- Küçük, M., & Yildiz, S. T. (2022). Constraint programming-based solution approaches for three-dimensional loading capacitated vehicle routing problems. *Computers & Industrial Engineering*, *171*, 108505.
- Labadie, N., Prins, C., & Prodhon, C. (2016). *Metaheuristics for Vehicle Routing Problems* (Vol. 3). John Wiley & Sons, Inc.
- Li, J., Ma, Y., Gao, R., Cao, Z., Lim, A., Song, W., & Zhang, J. (2021). *Deep Reinforcement Learning for Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem*. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2021.3111082>

- Máximo, V. R., Cordeau, J.-F., & Nascimento, M. C. V. (2021). *An Adaptive Iterated Local Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem*. <http://arxiv.org/abs/2111.12821>
- Meliani, Y., Hani, Y., Lissane Elhaq, S., & Mhamedi, A. El. (2022). *A tabu search based approach for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with three-dimensional loading constraints*.
- Mostafa, N. A., Mostafa, N., & Eltawil, A. (2017). Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem using K-Means Clustering and Valid Inequalities. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://www.researchgate.net/publication/316160522>
- Nalepa, J. (Ed.). (2019). *Smart Delivery Systems: Solving Complex Vehicle Routing Problems*.
- Purbasari, R., Novel, N. J. A., & Kostini, N. (2023). Digitalisasi Logistik Dalam Mendukung Kinerja E-Logistic Di Era Digital: A Literature Review Logistic. *Journal of Organization Management, Business and Logistics (JOMBLO)*, 01(02), 177–196.
- Santosa, B. (2017). *Pengantar Metaheuristik: Implementasi dengan Matlab* (Vol. 1). ITS Tekno Sains.
- Syahputra Pane, E., Hardianto, R., Rangga Bakti, I., & Permata Bunda, Y. (2022). Pelatihan Geographic Informatin System (Gis) Peta Digital Melalui Google Maps Dengan Menggunakan Api Key Di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pasir Pengaraian (UPP). *MEJUJUA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2). <https://doi.org/10.52622/mejuajuajabdimas.v2i1.65>
- Tan, S. Y., & Yeh, W. C. (2021). The vehicle routing problem: State-of-the-art classification and review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/app112110295>
- Thanh Phong, H., & Minh Hien, N. (2016). *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem in Delivering Industrial Gas*.
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (Second Edition). MOS-SIAM series on optimization.