
PENERAPAN METODE STEPPING STONE DAN VRP (VEHICLE ROUTING PROBLEM) UNTUK TRANSPORTASI PENGIRIMAN HASIL PRODUKSI KELAPA SAWIT

Indah Widya Hanzani¹, Rima Aprilia², Dedy Juliandri Panjaitan³
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan
e-mail: indahwid08@gmail.com

Abstract: *Transportation problems are problems that often occur in various countries in the world, especially in Indonesia. Traffic jams, infrastructure deficiencies, and distribution problems can result in substantial losses if not handled properly. PT Inecda is a company operating in the oil palm plantation sector. In the process of distributing production results, of course you need to pay attention because it will greatly influence the overall cost efficiency of the project. Increasing project costs are often caused by suboptimal distribution processes. The method used to solve distribution optimization problems is the Northwest Corner Method (NWC) to determine the initial solution and optimal testing using the Stepping Stone Method. And also the Vehicle Routing Problem (VRP) in the form of a mathematical model for routing problems. From the calculation results, the Stepping Stone method with the Northwest Corner Method (NWC) succeeded in providing optimal results and was able to minimize costs of Rp. 7,127,761.71.*

Keywords: *transportatio; northwest corner method (NWC); stepping stone method; vehicle routing problem; crude palm Oil (CPO)*

Abstrak: Masalah transportasi adalah permasalahan yang seringkali terjadi di berbagai negara di dunia, khususnya di Indonesia. Kemacetan lalu lintas, kekurangan infrastruktur, dan masalah distribusi yang bisa mengakibatkan kerugian yang cukup besar jika tidak ditangani dengan benar. PT Inecda adalah perusahaan yang bergerak di bidang perkebunan kelapa sawit. Dalam proses pendistribusian hasil produksi, tentunya perlu diperhatikan karena akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi biaya proyek secara keseluruhan. Meningkatnya biaya proyek seringkali diakibatkan oleh proses pendistribusian yang tidak optimal. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan distribusi adalah Northwest Corner Method (NWC) untuk menentukan solusi awal dan uji optimal menggunakan metode Stepping Stone Method. Dan juga Vehicle Routing Problem (VRP) dalam bentuk model matematis untuk masalah perutean. Dari hasil perhitungan, metode Stepping Stone dengan Northwest Corner Method (NWC) berhasil memberi hasil optimal dan dapat meminimumkan biaya sebesar Rp. 7.127.761,71.

Kata kunci: *transportasi; northwest corner method (NWC); stepping stone method; vehicle routing problem; crude palm oil (CPO).*

PENDAHULUAN

Masalah transportasi adalah masalah pemrograman linier khusus yang dapat dikatakan penting. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin canggih, hampir setiap kebutuhan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi membutuhkan peranan

matematika. Metode transportasi diharapkan dapat meminimalkan biaya transportasi karena metode transportasi dirancang untuk mengoptimalkan variabel-variabel yang digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi, termasuk masalah pengiriman barang atau bahan baku dari beberapa sumber ke beberapa tujuan untuk dikirim dengan

biaya minimal. Penggunaan metode transportasi yang tepat tidak hanya untuk memperlancar distribusi, tetapi juga untuk memaksimalkan distribusi dari asal ke tujuan, dan sangat membantu untuk mengurangi biaya transportasi secara keseluruhan.

PT Inecda adalah sebuah perusahaan milik swasta yang bergerak pada sektor perkebunan yaitu perkebunan kelapa sawit dan pengolahan minyak sawit mentah CPO (Crude Palm Oil) atau minyak pokok sawit (PKO). Perusahaan ini berlokasi di Desa Petala Bumi Kecamatan Siberida Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. PT Inecda memiliki luas lahan perkebunan dan Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PKS) seluas ± 9.466,05 Ha. Pabrik tersebut merupakan sebuah tempat pengolahan dari Tandan Buah Segar (TBS). Pabrik tersebut merupakan pabrik untuk pengolahan hasil produksi kelapa sawit seperti CPO (Crude Palm Oil) atau yang sering disebut minyak sawit, Palm Kernel (biji sawit), Cangkang, dan lain-lain. Hasil produksi inilah yang akan di distribusikan kepada pihak-pihak yang akan menerima hasil produksi setengah jadi ini untuk diolah menjadi barang jadi. Pada proses ini jumlah produksi dan jumlah permintaan akan saling berpengaruh.

Dalam proses pengolahan, PT Inecda memiliki Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dengan kapasitas olah total 30 ton TBS/jam. Saat menyalurkan barang ke beberapa tujuan memerlukan dana transport lumayan besar dananya sebab jangka serta situasi posisi tidak sama, maka PT Inecda memerlukan strategi untuk menghadapi persaingan antar perusahaan. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah dengan cara menekan biaya transportasi perusahaan seminimal mungkin.

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode Stepping Stone dan VRP. Kedua metode ini digunakan karena merupakan metode yang baik dalam memecahkan masalah transportasi. Metode Stepping Stone

merupakan salah satu teknik untuk menentukan solusi transportasi yang terbaik. Metode ini didasarkan pada (trial and error), dengan tujuan memindahkan sel dengan isi (stone) ke sel 0 (water). Pastinya, pemindahansini bisa mengecilkan dana, akibatnya mesti ditunjuk agar sel 0 memiliki dana transportasi minimal juga dapat digunakan untuk transfer.

Dijelaskan oleh pada jurnal metode Stepping Stone menurut penulis, dapat membantu kita bergerak dari jawaban yang layak ke jawaban yang sangat baik. Metode Stepping Stone digunakan untuk menilai efektivitas biaya dengan memulai pengiriman komoditas melalui jalur transportasi non-solusi. Sedangkan Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan suatu permasalahan yang berfokus pada pendistribusian barang dari depot (gudang) perusahaan kepada pelanggannya. VRP merupakan salah satu isu penting yang ada dalam sistem transportasi. Ini adalah masalah optimasi kombinatorial terkenal yang terdiri dari populasi pelanggan dengan permintaan deterministik, dan depot pusat yang bertindak sebagai basis armada kendaraan yang sama.

Tujuannya adalah untuk merancang serangkaian rute kendaraan yang dimulai dan berakhir di depot pusat, sehingga permintaan pelanggan benar-benar terpenuhi, setiap pelanggan dikunjungi sekali dengan satu kendaraan, total permintaan pelanggan yang ditugaskan ke suatu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan, dan untuk meminimalkan biaya perjalanan secara keseluruhan, dengan mempertimbangkan berbagai kendala operasional.

METODE

MetodesSteppingsStone (Metodes Batu Locatan)

Dijumpai oleh W.W Chooper dan sA.sChames. Metode ini ialah metode yang umum atau seringkali dipakai untuk

mengetahui dan menguji apakah sebuah masalah transportasi sudah optimal atau belum. Sebuah Loop dibuat untuk memutuskan variabel mana yang harus dipakai untuk menyelidiki kemungkinan adanya penurunan biaya ketika variabel non basis ditambahkan ke basis. Proses menganalisis variabel non basis untuk meningkatkan dan mengalokasikan kembali solusi. Langkah-langkah metode Stepping Stone adalah:

1. Pilihlah sel kosong yang akan di evaluasi (waterssquare/atribut tak pokok).
2. Lompat begitu horizontal vertikal kessel terlampir (atribut dasar), lalu balik ke sel 0, untuk mendapatkan jalur terpendek dari sel kosong.
3. Mulai dengan tanda positif di sel kosong dan beri tanda positif (+) dan negatif (-) bergantian di setiap sudut sel dari jalur terdekat.
4. Tambahkan dana dicell yang ditandai berciri plus (+) selaku penerimaan dana, danskurangi dana di setiap sel yang ditandai dengan tanda negatif (-) sebagai pengurangan biaya.
5. Langkahs1 s/ds4 harus diulang for cell 0 juga akhir, dan hasil evaluasinya harus dibandingkan. Pilih nilai evaluasi negatif terbesar untuk penghematan biaya terbesar, dan jika evaluasi sel kosong tidak memiliki nilai negatif, solusi kosong dikatakan optimal.
6. Tempatkan item paling sedikit dari sel yang ditandai dengan minus (-) dan tambahkan ke sel yang ditandai dengan plus (+) di jalur sel dengan skor evaluasi paling negatif.
7. Lalu ulang langkah 1-4 hingga memiliki indeks peningkatanatau evaluasi sel kosong tanpa nilai negatif.

Metode Vehicle Routing Problem (VRP)

Metode Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah perutean untuk banyak asal kemampuan saat mendatangi posisi servis, setiap asal kemampuan meninggalkan reservoir seimbang,

mendatangi banyak posisi pada suatu arah 1 dengan memperlihatkan limit-limit pergerakan penting, dan lalu balik ke reservoir. Tujuans VRP adalah mengecilkan dana transpot, total transport, menyamakan arah juga isi transpot serta mengecilkan penalty yang disebabkan terlambatnya pengiriman ke customer. Dilihat dari visi itu, terdapat banyak ciri disisVRP ialah armada, arah kendaraan, depot juga customer.

Kajian nantinya dikerjakan agar mendapat bentuk matematika from pertikaian roster berwujud penempatan transport truk-numpang maskapai 3PL yang berjalan pada aktivitas pengantaran buatan. Bentuk matematika dibikin dengan memikirkan pertikaian VRP begitu sering muncul dalam aktivitas maskapai truk-numpang misalnya pertikaian, CVRP, VRPPD, VRPTW, SVRP dan PVRP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengerjaan kabar kajian saya nantinya dikerjakan lewat banyak langkah. Penyelesaian juga menggunakan beberapa metode yaitu metode *Stepping Stone* dan Metode VRP (*Vehicle Routing Problem*). Informasi didapat lewat PT Inecda dikerjakan dalam model tabulasi kendaraan yang bervisi untuk merangkum serta menampkan informasi diakhir detail. Tabel 1 ialah tabulasi I persoalan kendaraan.

Tabel 1. Persoalan Tabel Transportasi

Su m be r	Tujuan				ai
	T1	T2	T3	T4	
A1	3 7	8 2 , 9	3 7	3 7	143. 653
	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	
A2	1 2	10 , 8	1 2	1 2	115. 039

		1			
	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	
	99.064	49.050	44.890	58.480	258.692

Langkah pertama adalah membuat tabel transportasi, seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Awal Transportasi

Sumber	Tujuan				a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	
A1	37	82,9	37,0	37,0	143,653
A2	12	10,81	12	12	115,039
b_j	99.064	49.050	44.890	58.480	258.692

Penyelesaian Optimal dengan Metode Stepping Stone

Pengerjaan memakai cara Northwest Corner Method mengakhiri dana kendaraan sebanyak Rp 8.623.134,85. Selanjutnya akan di uji dengan memakai cara penyiapan akhir dengan memakai Stepping Stones Method. Persiapan memakai cara pengerjaan optimal, mesti dicek pertamanya mungkinkah akhir pengerjaan sesuai ketentuan bagi dikerjakan pengerjaan selesai. Total cell masuk mesti sebanyak $m + n - 1$. Banyak cell termasuk dipenyiapan pertams memakai cell Northwest Corner Method ialah 5 sel. Total cell mesti masuk ialah $4 + 2 - 1 = 5$. Jadi, tidak ada muncul degenerasi. Jadi, penyiapan bisa dikerjakan ke penyiapan ujung.

Pada tabel 2 dilakukan cek kotak yang tidak terpakai dengan menutup sebuah jalur tertutup dan kembali ke kotak awal melalui kotak yang sedang digunakan. Selanjutnya membuat tanda plus (+) pada kotak yang tidak terpakai dan tempatkan secara bergantian tanda (+) dan tanda minus (-) pada kotak di setiap jalur tertutup. Lalu menghitung indeks perbaikan dengan cara menambahkan biaya unit pada setiap kotak yang berisi tanda plus dilanjutkan dengan mengurangi biaya unit yang ditemukan pada kotakyang berisi tanda minus

Apabila 2 maupun banyak atribut nonbasis dengan besaran minus, maka dipilih salahsatu yang memiliki perubahan biaya negatif yang terbesar. Apabila terdapatbesaran sama, ambil dengan acak. Pilih sel x_{13} agar dikerjakan revoulusi penempatan ialah with menempatkan sebanyak sub terkecil berasal pada sel minus juga antar kepada bertanda sel plus.

Tabel 3 Indeks Perbaikan Sel Kosong Metode Stepping Stone

Atribut Nonbasis	Jalur Tertutup	Perubahan Biaya
x_{14}	$x_{14} - x_{13} + x_{23} - x_{24}$	0
x_{21}	$x_{21} - x_{23} + x_{13} - x_{11}$	-47,09
x_{22}	$x_{22} - x_{23} + x_{13} - x_{12}$	0

Sel x_{21} mempunyai revolusi dana minus. Ambil cell itu agar dikerjakan revolusi penempatan with menempatkan sebanyak sub terendah dari cell minus juga jumlah dengan cell cirinya positif.

Berdasarkan tabel 4 terlihat bahwasannya ternyata jalur tertutup yang telah dibuat di awal tadi kembali muncul lagi disini, dan jika dilakukan perhitungan maka akan menghasilkan perhitungan yang sama. Ini berarti perhitungan menggunakan metode stepping stone tersebut telah selesai di tahap 2. Terlihat adanya perubahan biaya negatif yang

selalu muncul artinya tabel 4 siap mengakhiri pengerjaan bagi pertikaian.

Tabel 4 Indeks Perbaikan Sel Kosong Metode Stepping Stone

Atribut Nonbasis	Jalur Tertutup	Perubahan Biaya
x_{13}	$x_{13} - x_{12} + x_{22} - x_{23}$	-45,09
x_{14}	$x_{14} - x_{12} + x_{22} - x_{24}$	-45,09
x_{21}	$x_{21} - x_{11} + x_{12} - x_{22}$	47,09

Jadi, agar penempatan memakai cara penyiapan diakhir *Stepping Stone Method* memperoleh jumlah dana kendaraan.

Minimum:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 C_{ij} X_{ij} \tag{1}$$

Sehingga:

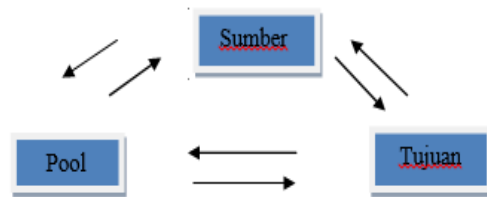
$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + C_{23}X_{23} + C_{24}X_{24}$$

$$Z = (37,00 \times 99.064) + (82,90 \times 35.667) + (10,81 \times 4.461) + (12,00 \times 35.968) + (12,00 \times 58.480)$$

$$Z = 7.172.761,71$$

Oleh sebab itu, dana kendaraan memakai *Stepping Stone Method* ialah sebanyak Rp 7.172.761,71. Disini terlihat, meskipun perhitungan menggunakan *Stepping Stone Method* diatas terdapat adanya biaya negatif yang tidak bisa diselesaikan disebabkan karena hasilnya tetap sama yaitu negatif namun ketika dikalkulasikan metode ini mampu menurunkan biaya sebesar 0,83% atau sekitar 855.140.723,29.

Penyelesaian Optimal dengan Metode Vehicle Routing Problem



Gambar 1. Proses Pengangkutan Barang

Daripada itu, dipakai poin ide-ide yang mengilustrasikan keadaan asli aktivitas pengantaran/bekerja maskapai, ialah:

1. Angkutan yang dipunyai ialah angkutan tangki tidak kompartemen with 2 macam muatan ialah angkutan tronton dengan muatan bawaan tertinggi 28 ribu kg dan truk engkel dengan muatan bawaan 20 ribu kg.
2. Dana penyaluran terdiri 2 macam penghitungan ialah dana pemakaian BBM kendaraan (selaku perkelanaan pool kearah asal juga visi ke arah pool) dan dana ritasi angkutan yang sudah diinfokan bagi setiap perkelanaan asal dansvisi (untuk perkelanaan asal ke visi juga kebalikannya).
3. Penggunaan BBM untuk truk layaknya tronton banting pada truk macam engkel. Perbandingan pemakai BBM bagi angkutan layaknya tronton adalah 1:2,5 (1 solar bisa dipakai bagi perkelanaan sejauh 2,5 km) adapun bagi angkutan adalah 1:3 (1 solar bisa dipakai bagi perkelanaan sejauh 3 km). Pemakai BBM akan diubah bentuk rupiah dengan metode kalikan total pemakai bahan bakar dengan besaran BBM macam solar seksarang ialah Rp 5.150.
4. Jam pemasukan isi dititik asal dan periksa isi dititik visi diinfokan bergantung kepada daya tampung yang nantinya digeserkan bagi setiap macam angkutan dan kecepatan pompa yang dipakai.
5. Nihil tertinggi penunggu, baik di posisi asal juga di posisi visi.
6. Jendela jam ialah interval jam servis yang diadakan di posisi asal juga di posisi visi buka pukul 08.00 WIB

- dan tutup pukul 17.00 WIB. Eksperimen saya tidak semua posisi asal dan visi memiliki jendela jam. Sebab bisa membikin ribet pembuatan bentuk matematis persoalan.
7. Laju kendaraan macam tronton ataupun bengkel didapatkan sebanyak 30 Km/jam. Jam pergerakan Waktu truk ialah akhir perkalian from laju with jangka pergerakannya.
 8. Laju pompa tidak sama sesua pompa yang digunakan bagi mengeluarkan isi. Laju pompa pada kapal ialah 600 kg/menit, adapun laju pompas pabrik dan struk stangkis ialah 450 kg/menit. Laju pompas inisakan dikonversikandalam jam supaya ditunjuk jam penempatan sera jam periksa isi dengancara membagi volume isi dengan lajus pompa.
 9. Denda ditanggungjawabkan dengan anggota 3PL selaku tukar minus akibat telat pemrosesan job transfer isi maskapai langganan. Banyak penalti/hour ketelatan ialah 0,30% dari gaji didapat maskapai bagi job i.

Denda ditanggungjawabkan dengan anggota 3PL selaku tukar minus akibat telat pemrosesan job transfer isi maskapai langganan. Banyak penalti/hour ketelatan ialah 0,30% from gaji didapat maskapai bagi job i.

$$R_{ti} = r_i \cdot Q_i$$

$$P_i = 0,30\% \cdot R_{ti}$$

SIMPULAN

Dari perhitungan dengan menggunakan Northwest Corner Method (NWC) sebagai bentuk penyelesaian awal didapat biaya minimum sebesar Rp 8.623.134,85 lalu dilanjutkan dengan Metode Stepping Stone untuk penyelesaian akhir didapatlah biaya minimum sebesar Rp 7.127.761,71, menunjukkan bahwa metode Steppings Stone bisa dipakai supaya meminimumkan dana. Dalam aplikasi metode VRP ditemukan

akhir bersangkutan berasal dari pertikaian yang muncul di anggota ke-3 maskapai. Bentuknya bisa dipakai patokan awal saat mengerjakan jatah angkutan bagi maskapai logistik anggota ke-3 maskapai terspesil bekerja pada sub angkutan buatan minyak kelapa sawit. Hambatan pada eksplorasi saya ialah, menerapkan persoalan angkutan berlangsung jelas masuk eksplorasi yang dikerjakan. Tak sedikit hambatan di keadaan asli yang belum disiapkan pertinjauan masuk bentuk angka.

DAFTAR PUSTAKA

- N. Fonna, *Pengembangan revolusi industri 4.0 dalam berbagai bidang*. Guepedia, 2019.
- H. P. Rahmawati, "PENGARUH JARAK, WAKTU, DAN BIAYA PENGIRIMAN TERHADAP OPTIMASI DISTRIBUSI LOGISTIK SUPLAJ AVTUR PT. PERTAMINA PATRA NIAGA DPPU AHMAD YANI SEMARANG." Universitas Diponegoro, 2023.
- I. Zai, Y. Yulianti, S. Feblicia, A. L. Z. Aqmi, and A. F. Rahmah, "Analisis Pengaruh Peningkatan Kinerja, Incoterms, Transportasi, Distribusi, Keterlibatan TPL dan Manajemen Risiko Terhadap Aktivitas Logistik," *J. Sos. dan Teknol.*, vol. 2, no. 3, pp. 225–238, 2022.
- K. Gultom, S. Ramadhani, S. Herdinda, and A. Hasibuan, "ANALISIS SISTEM PENGOLAHAN KELAPA SAWIT DAN PEMANFAAATAN LIMBAH KELAPA SAWIT DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IV UNIT DOLOK ILIR," *Cross-border*, vol. 6, no. 2, pp. 1167–1174, 2023.
- W. H. Harefa, R. Ramli, and S. Subhayni, "Penggunaan Metode Batu Loncatan (Stepping Stone) Pada Materi Mengidentifikasi Unsur Pembangun Karya Sastra Dalam Cerita Pendek Di Kelas Ix Smp Negeri 8 Banda Aceh," *J. Bhs. dan Sastra*, vol. 14,

- no. 1, pp. 53–67, 2020.
- F. Erza and F. N. Azizah, “Perbandingan Biaya Distribusi Produk Cat Menggunakan Model Transportasi Metode Vogel’s Approximation Method dan Least Cost,” *Go-Integratif J. Tek. Sist. dan Ind.*, vol. 4, no. 01, pp. 48–60, 2023.
- J. Hutahaean, W. Ramdhan, and P. R. Dhini, “Optimasi Biaya Pendistribusian Tempe Dengan Menggunakan Metode Stepping Stone Berbasis Android,” *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 3, no. 6, pp. 887–892, 2023.
- V. K. Prisilia, “Pengaruh Good Corporate Governance Terhadap Kinerja Keuangan Perusahaan Manufaktur Sub Sektor Makanan dan Minuman Yang Terdaftar Di BEI Periode 2016-2021.” Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Pakuan, 2022.
- F. F. INDRIYANI, “Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Darah Di Utd Pmi Kota Pekanbaru.” UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU, 2021.
- M. Arif, R. A. Hadiguna, and R. Patrisina, “Model Integrasi Pengendalian Pengiriman TBS, Produksi, dan Transportasi CPO pada Agroindustri Kelapa Sawit,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri*, 2023, pp. 639–648.
- R. Nurhidayati, I. Falani, A. M. A. Ruchianto, M. Naufal, T. N. Azizah, and V. N. Praniasty, “Minimasi Biaya Distribusi Makanan Ringan pada UKM Marcuy dengan Metode Stepping Stone, Least Coast, VAM dan MODI,” *Stud. Ilmu Manaj. dan Organ.*, vol. 2, no. 2, pp. 167–181, 2021.
- N. Dimasuharto, A. M. Subagyo, and R. Fitriani, “Optimalisasi Biaya Pendistribusian Produk Kaca Menggunakan Model Transportasi Dan Metode Stepping Stone,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 7, no. 2, pp. 81–88, 2021.
- M. A. Dian, “Penentuan Rute Distribusi Pengiriman Tinta dengan Metode Vehicle Routing Problem Pada PT. Tintamas Tirta Surya,” in *Senakama: Prosiding Seminar Nasional Karya Ilmiah Mahasiswa*, 2022, pp. 99–108.
- A. Ferdiansyah, S. A. Sholihah, M. Rifni, E. S. Grets, J. K. Situmorang, and I. Oktaviany, “Analisis Perencanaan Rute Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem (VRP),” *J. Sist. Transp. Logistik*, vol. 1, no. 1, 2021.
- M. M. Baihaqi and M. Hermansyah, “Optimalisasi Vehicle Routing Problem Pada Ud. Kopwan Yasmin Nongkojajar,” *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 62–71, 2023.