

IMPLEMENTASI METODE *BRANCH AND BOUND* UNTUK MENDAPATKAN RUTE TERPENDEK PADA ANGKUTAN TERSIER (Studi kasus: Kantor Pos Cabang Magetan 63300)

Dimas Rizaldi¹, Syafranita², Nurlaela Kumala Dewi³

^{1,2,3}Manajemen Transportasi, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional

email korespondensi: rizalid082@gmail.com, syafranita@ulbi.ac.id, nurlaelakumala@ulbi.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the shortest routes for tertiary transportation at Magetan Branch Post Office (KC) 63300, which currently operates two routes using two vehicles: a Gran Max Box for the northern region and a Gran Max Blind Van for the southern region of Magetan Regency. The branch office has not yet determined whether the existing routes are optimal, as delays often occur when vehicles return after collecting parcels from district post offices. Therefore, the study applies the Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets (CVRP-HF) approach using optimization and metaheuristic methods. The results show that the optimization method produces a route 3 km shorter with up to 90 minutes of travel time savings, while the metaheuristic method generates a route 2 km shorter with 90 minutes of travel time savings. Both methods can be proposed for implementation at KC Magetan to reduce tertiary transportation delays and improve service quality and delivery speed.

Keywords: *Capacitated Vehicle Routing Problem; Heterogeneous fleets; Metaheuristic;*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mencari rute terpendek untuk angkutan tersier di Kantor Pos Cabang (KC) Magetan 63300 yang saat ini menggunakan dua rute dengan dua kendaraan, yaitu Gran Max Box untuk wilayah utara dan Gran Max Blind Van untuk wilayah selatan Kabupaten Magetan. KC Magetan belum mengetahui apakah rute yang digunakan sudah optimal karena masih terjadi keterlambatan angkutan saat kembali setelah penjemputan barang di kantor pos kecamatan. Oleh karena itu, penelitian dilakukan dengan pendekatan Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets (CVRP-HF) menggunakan metode optimasi dan metaheuristik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode optimasi menghasilkan rute 3 km lebih pendek dengan penghematan waktu tempuh hingga 90 menit, sedangkan metode metaheuristik membentuk rute 2 km lebih pendek dengan penghematan waktu tempuh sebesar 90 menit. Kedua metode ini dapat diusulkan untuk diterapkan KC Magetan guna meminimalisir keterlambatan angkutan tersier serta meningkatkan kualitas pelayanan dan kecepatan pengiriman.

Kata Kunci: *Rute terpendek; Capacitated Vehicle Routing Problem; Heterogeneous fleets; Optimasi; Metaheuristik*

1. PENDAHULUAN

Transportasi dan distribusi merupakan dua komponen yang mempengaruhi keunggulan kompetitif suatu perusahaan karena penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan perusahaan secara tidak langsung. Salah satu cara untuk menurunkan biaya transportasi adalah dengan mengoptimalkan sistem distribusi dan penggunaan jenis transportasi yang ada (Rahmah & Ningrat, 2023). Manajemen distribusi adalah bagian dari manajemen logistik yang mencakup aktivitas pergerakan dan penyimpanan barang. Aktivitas ini melibatkan

transportasi, pergudangan, pengelolaan persediaan, serta perencanaan dan pengendalian aliran barang. Mereka menekankan pentingnya integrasi aktivitas ini untuk mengoptimalkan kinerja logistik dan meminimalkan biaya (Bowersox et al., 2024). Distribusi dapat diartikan sebagai bagian dari pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen menuju ke konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan waktu) (Agustina et al., 2023). Dalam bidang transportasi, rute merupakan lintasan yang digunakan oleh kendaraan atau moda transportasi untuk memindahkan barang atau penumpang dari titik asal menuju titik tujuan. Rute dapat mempengaruhi proses transportasi yang dijalankan seperti jarak tempuh, waktu tempuh, biaya yang dikeluarkan, keamanan, dan efisiensi operasional. Rute adalah jarak tempuh atau arah tempuh dari satu tempat menuju tempat lain yang dilalui dalam kurun waktu tertentu. Rute angkutan akan ditempatkan di lokasi yang sudah diperkirakan ada calon pengguna jasa yang akan dilayani. Pada umumnya, trayek angkutan yang melayani masyarakat jumlahnya lebih dari satu, maka jika ditinjau secara keseluruhan akan ada sekumpulan rute yang bersama-sama melayani masyarakat luas (Ilham, 2021). PT. Pos Indonesia (Persero) adalah salah satu perusahaan milik negara yang bergerak di bidang pengiriman barang. Saat ini, PT. Pos Indonesia (Persero) memiliki cakupan wilayah pengiriman barang maupun dokumen terluas di Indonesia sendiri. Untuk mendukung kegiatan pengiriman barang yang dilaksanakan PT. Pos Indonesia (Persero), dibuat SOP atau peraturan yang diterapkan di seluruh kantor pos cabang dan regional agar proses awal saat pendistribusian barang konsumen tidak mengalami hambatan yang dapat timbul akibat pekerjaan yang dilakukan secara asal-asalan.

Salah satu perwakilan PT. Pos Indonesia (Persero) dalam mendukung kegiatan pengiriman barang adalah Kantor Pos Cabang Magetan 63300 Divisi Regional V Surabaya yang berada di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Kantor Pos Magetan 63300 membawahi 16 Kantor Pos Kecamatan. Salah satu proses yang mendukung pengiriman di Kantor Pos Magetan adalah penjemputan barang oleh 2 unit angkutan tersier di 13 Kantor Pos Kecamatan yang dalam prosesnya, dibagi menjadi 2 trayek, yaitu trayek utara dengan 8 Kantor Pos Kecamatan dan trayek selatan dengan 6 Kantor Pos Kecamatan. Rute yang digunakan 2 unit angkutan tersier milik Kantor Pos Magetan sendiri sudah ditetapkan sejak tahun 2019.

Angkutan tersier adalah angkutan yang diperuntukan untuk jaringan kantor pos dengan kantor cabang yang di bawahnya (Purnomo et al., 2022). Namun, dalam penetapan rute penjemputan oleh angkutan tersier, Kantor Pos Magetan masih berdasarkan saran karyawan dan sopir dari angkutan tersier tersebut. Sehingga Kantor Pos Magetan, tidak mengetahui apakah rute yang disarankan karyawan tersebut sudah optimal atau belum. Dalam pelaksanaan penjemputan barang oleh angkutan tersier di Kantor Pos Magetan, sering terjadi keterlambatan angkutan tersier yang membawa kembali barang dari Kantor Pos Kecamatan menuju Kantor Cabang sehingga mengakibatkan proses penyortiran serta pengiriman menuju Kantor Pos Cabang Utama Madiun 63100 terlambat. Kantor Pos Cabang Magetan sudah membuat peraturan terkait batas durasi penjemputan adalah 3 jam dengan jam berangkat pada pukul 12:00 WIB dan tiba pada pukul 15:00 WIB. Pada bulan Januari 2024 angkutan tersier KC Magetan terlambat sebanyak 11 kali dengan rincian dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Keterlambatan angkutan tersier trayek utara

Tanggal	Berangkat	Tiba	Jadwal Tiba Seharusnya	Terlambat
3	12:00	16:15	15:00	1,25 jam
5	12:00	15:30	15:00	30 menit
6	12:00	16:00	15:00	1 jam
18	12:00	16:00	15:00	1 jam

Sumber : Data perusahaan bagian operasional

Tabel 2 Keterlambatan angkutan tersier trayek selatan

Tanggal	Berangkat	Tiba	Jadwal Tiba Seharusnya	Terlambat
1	12:30	16:30	15:00	1,5 jam
6	12:00	16:00	15:00	1 jam
10	12:30	15:45	15:00	45 menit
12	12:00	15:45	15:00	45 menit
22	12:00	16:00	15:00	1 jam
23	12:00	16:30	15:00	1,5 jam
30	12:00	16:15	15:00	1,25 jam

Sumber : Data perusahaan bagian operasional

Menindaklanjuti kejadian tersebut, Kantor Pos Cabang Utama Madiun pernah memberikan surat teguran sekali kepada bagian operasional Kantor Pos Cabang Magetan akibat keterlambatan yang terjadi berulang tersebut, karena pengiriman dari KCU Madiun 63100 menuju Kantor Pos Regional V Surabaya juga ikut terlambat.

Berdasarkan hasil fenomena diatas, Kantor Pos Cabang (KC) Magetan memiliki masalah pada rute yang digunakan angkutan tersier saat kegiatan penjemputan barang di kantor pos kecamatan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets* untuk mencari rute terpendek dengan algoritma penyelesaian optimasi *Branch and Bound* yang mengoptimalkan rute dengan hasil optimal agar angkutan tersier KC Magetan dapat menghemat waktu saat kegiatan penjemputan barang.

2. METODE

Berdasarkan fenomena yang dijelaskan pada subbab pendahuluan, KC Magetan 63300 mengalami masalah pada rute yang digunakan angkutan tersier karena waktu tempuh yang terlalu lama sehingga membuat pendistribusian kiriman di KC Magetan menjadi terlambat. Untuk menyelesaikan masalah ini, dibutuhkan metode optimasi rute yang mumpuni dan fleksibel karena KC Magetan memiliki 14 kantor pos kecamatan yang harus dilayani setiap harinya. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets* dengan algoritma penyelesaian *Branch and Bound* agar waktu tempuh angkutan tersier saat penjemputan barang dapat dipersingkat.

Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets merupakan permasalahan optimasi rute distribusi di mana sebuah depot melayani sejumlah pelanggan menggunakan armada yang terdiri dari berbagai jenis kendaraan. Setiap unit kendaraan memiliki spesifikasi yang berbeda, seperti kapasitas angkut, biaya tetap, biaya perjalanan per jarak atau waktu, serta jumlah unit yang tersedia. Setiap pelanggan harus dilayani tepat satu kali dan total permintaan yang diangkut dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan (Kasanah et al., 2022).

Berikut kendala yang ada pada CVRP-HF (Kasanah et al., 2022):

- a) Kendaraan yang beroperasi memiliki spesifikasi teknis yang beragam (heterogen).
- b) Setiap unit kendaraan berangkat dari depot dan kembali ke depot yang sama setelah selesai melayani satu rute.
- c) Permintaan pada setiap pelanggan harus dilayani hanya satu kali.
- d) Kapasitas tiap unit kendaraan terbatas (*capacitated*)
- e) Total jumlah permintaan pada satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang melayani.

Model matematika dari *Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleets* dijabarkan sebagai berikut (Kasanah et al., 2022):

- a) Fungsi tujuan (minimasi total biaya) :

$$\begin{aligned}
 & \min Z \\
 & = \sum_{k \in K} f_k z_k \\
 & + \sum_{k \in K} \sum_{i \in \{0\} \cup N} \sum_{j \in \{0\} \cup N, j \neq i} c_{ij} x_{ij}^k
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots(1)$$

- b) Kendala kunjungan (setiap *node* hanya dikunjungi sekali)

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k \in K} \sum_{j \in \{0\} \cup N, j \neq i} x_{ij}^k = 1 \forall i \\
 & \in N
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots(2)$$

- c) Kendala konservasi aliran

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j \in \{0\} \cup N, j \neq i} x_{ij}^k - \sum_{j \in \{0\} \cup N, j \neq i} x_{ij}^k = 0 \forall i \\
 & \in N, \forall k \in K
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots(3)$$

- d) Kendala kapasitas agregat

$$\sum_{i \in N} d_i \left(\sum_{j \in \{0\} \cup N, j \neq i} x_{ij}^k \right) \leq Q_k z_k \forall k \in K \dots\dots\dots(4)$$

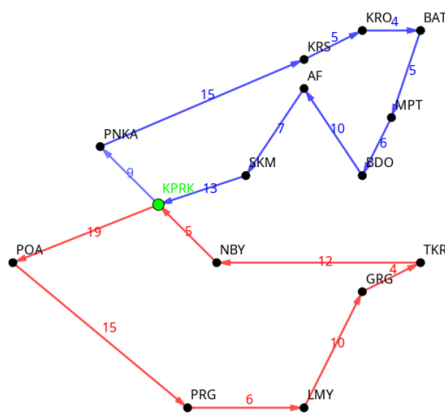
e) Batasan variabel biner / non-negatif

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, z_k \in Z \geq 0, u_i^k \geq 0 \dots\dots\dots(5)$$

Branch and Bound merupakan metode logis dan sistematis dalam penyelesaian masalah optimasi yang beragam seperti optimasi diskrit dan kombinatorial. Metode Brand and Bound akan membuat suatu kerangka dan percabangan yang akan memecahkan masalah optimal (Andriansyah et al., 2021). Pada algoritma ini pencarian solusi dimulai dengan menjabarkan kandidat solusi yang dicabangkan menggunakan pohon pencarian (*search tree*) dimana setiap simpul memiliki kemungkinan solusi. Simpul yang dapat dievaluasi merupakan simpul dengan nilai yang lebih kecil (Sari et al., 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat ini Kantor Pos Cabang (KC) Magetan menggunakan 2 unit kendaraan untuk menjemput barang kiriman di kantor pos kecamatan dengan 2 buah trayek, yaitu trayek utara dan trayek selatan yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Rute kedua trayek KC Magetan 63300

Sumber : Olahan data penulis

Kedua trayek yang digunakan oleh KC Magetan 63300 dilayani oleh dua unit kendaraan dalam kegiatan barang di kantor pos kecamatan dengan rincian pada tabel 3.

Tabel 3 Data trayek KC Magetan 63300

Trayek	Jumlah simpul	Panjang rute	Waktu tempuh
--------	---------------	--------------	--------------

Utara	6	68 Km	180 Menit
Selatan	8	67 Km	150 Menit

Sumber : Operasional KC Magetan 63300

Pada tabel 3, yang dimaksud simpul merupakan Kantor Pos di tiap Kecamatan di Kabupaten Magetan yang akan dilayani oleh 2 unit angkutan tersier Kantor Pos Cabang Magetan 63300. Daftar kantor pos kecamatan yang dinaungi KC Magetan 6330 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Daftar Kantor Pos Kecamatan di Kabupaten Magetan

Kecamatan	Kode
Panekan	PNKA
Ngariboyo	NBY
Parang	PRG
Lembeyan	LMY
Takeran	TKR
Goranggareng	GRG
Barat	BAT
Bendo	BDO
Karas	KRS
Karangrejo	KRO
Sukomoro	SKM
Plaosan	POA
Maospati	MPT
Agen Al - Fatah	AF

Sumber : Data perusahaan bagian operasional

Berdasarkan informasi dari *supervisor* operasional Kantor Pos Magetan, berat rata-rata kiriman dari kantor pos kecamatan adalah 300 Kg per harinya serta kecepatan rata-rata kendaraan adalah 60 km/jam. Data kendaraan dan daya angkut dapat dilihat pada tabel 5.

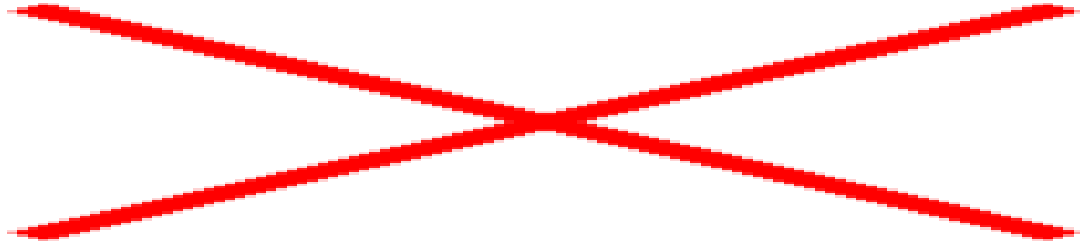
Tabel 5 Kapasitas muat angkutan tersier KC Magetan 63300

Kendaraan	Daya angkut	Kecepatan rata-rata
Mobil Gran Max Blind Van	720 Kg (0,72 ton)	60 Km/Jam
Mobil Gran Max Box	1.500 Kg (1,5 ton)	60 Km/Jam

Sumber : Operasional KC Magetan 63300

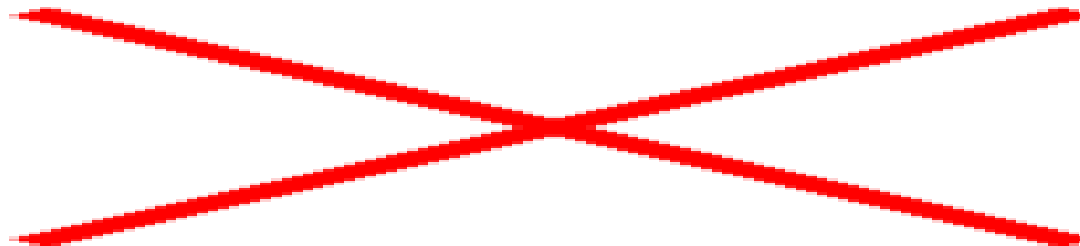
Berdasarkan data daya angkut kendaraan pada tabel 5 dan informasi berat rata-rata kiriman kantor pos kecamatan, Kantor Pos Magetan menggunakan dua unit kendaraan dengan daya angkut yang berbeda.

Berikut dipaparkan matriks jarak dan waktu tempuh antar Kantor Pos Kecamatan:



Tabel 6: Matriks jarak Kantor Pos Kecamatan (km)

Sumber : Data perusahaan bagian operasional



Tabel 7: Matriks waktu tempuh Kantor Pos Kecamatan (menit)

Sumber : Data perusahaan bagian operasional

Tabel 6 dan 7 memaparkan jarak dan waktu tempuh beserta urutan kunjungan Kantor Pos Kecamatan oleh angkutan tersier KC Magetan 63300. Perhitungan dengan metode *Branch and Bound* dibantu dengan kode *script* di dalam *software* Octave. Berikut ini adalah rancangan algoritma *Branch and Bound* untuk melakukan pencarian rute terpendek :

Algoritma 1: *Branch and Bound* untuk CVRP-HF

Parameter :

Matriks jarak antar Kantor Pos Kecamatan

Demand tiap Kantor Pos Kecamatan

Kapasitas kendaraan

Depot awal dan akhir (Kantor Pos Cabang)

Rute *existing*

1 **Inisiasi**

- 2 Tetapkan rute awal kosong dan jarak terbaik
- 3 Tandai semua Kantor Pos Kecamatan belum dikunjungi

4 **Proses *Branch and Bound***

- 5 Mulai dari Kantor Pos Cabang (depot)
- 6 Untuk setiap Kantor Pos Kecamatan yang belum dikunjungi :
 - 7 Jika beban muatan \leq kapasitas kendaraan, lanjutkan
 - 8 Hitung jarak sementara; jika jarak \geq jarak terbaik, *prunning*
 - 9 Tambahkan Kantor Pos Kecamatan ke rute sementara
 - 10 Lakukan rekursi untuk pelanggan berikutnya
- 11 Jika semua pelanggan telah dikunjungi, kembali ke depot
- 12 Perbarui jarak terbaik dan rute terbaik jika lebih kecil

Output : rute dan jarak terpendek untuk tiap trayek

Algoritma 1 akan ditulis kodenya dengan bahasa pemrograman Matlab yang dapat dibaca dan dijalankan pada *software* Octave. Hasil dari perhitungan *Branch and Bound* menghasilkan urutan kunjungan Kantor Pos Kecamatan yang baru dan dipaparkan pada tabel berikut:

Tabel 8: Perbandingan urutan kunjungan simpul existing dengan usulan

Trayek	Urutan simpul <i>existing</i>	Urutan simpul usulan
Utara	KC-PNKA-KRS-KRO-BAT-MPT-BDO-AF-SKM-KC	KC-PNKA-KRS-KRO-BAT-MPT-BDO-SKM-AF-KC
Selatan	KC-POA-PRG-LMY-GRG-TKR-NBY-KC	KC-POA-NBY-PRG-LMY-TKR-GRG-KC

Sumber : Olahan data penulis

Untuk mendapatkan waktu tempuh pada rute usulan, digunakan rumus jarak dibagi dengan kecepatan kendaraan. Pada trayek utara usulan, didapatkan jarak 65 km. Maka, waktu tempuhnya :

$$Waktutempuhrata - rata = \frac{65}{60} = 1jam30menit(90menit)$$

Berikut dipaparkan perbandingan jarak dan waktu tempuh rute trayek *existing* dengan usulan:

Tabel 9 Perbandingan jarak dan waktu tempuh trayek *existing* dengan usulan

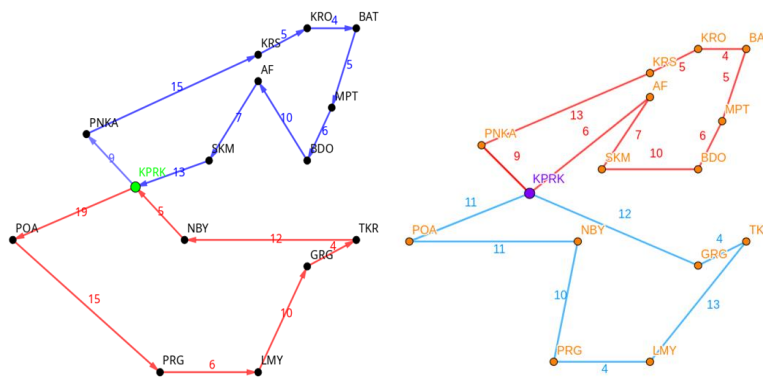
Trayek	<i>Existing</i>		Hasil Optimasi	
	Jarak	Waktu	Jarak	Waktu

Utara	68 Km	180 Menit	65 Km	90 Menit
Selatan	67 Km	150 Menit	65 Km	90 Menit

Sumber: Olahan data penulis

Pada tabel 9, metode Branch and Bound mampu mengurangi jarak tempuh dari kedua trayek. Trayek utara mendapat penghematan 3 km dengan waktu tempuh 90 menit lebih cepat dan trayek selatan mendapat penghematan 2 km dengan waktu tempuh 60 menit lebih cepat.

Berikut disajikan perbandingan rute kedua trayek existing dengan usulan dalam bentuk graf:



Gambar 2 Perbandingan rute *existing* (kiri) dengan usulan (kanan)

Sumber: Olahan data penulis

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan dapat ditarik kesimpulan bahwa metode *Branch and Bound* mampu menghasilkan rute yang lebih pendek untuk angkutan tersier Kantor Pos Cabang (KC) Magetan 63300 dalam kegiatan penjemputan kiriman di setiap kantor pos Kecamatan. Metode *Branch and Bound* mampu menghasilkan rute paling pendek dan menghemat waktu hingga 50% dari waktu tempuh existing.

Untuk peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode lain dalam kasus yang sama dan menggunakan parameter yang lebih beragam agar hasil yang didapat lebih mendekati optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, E., Sonani, N., Awaluddin, & Monica, C. (2023). Manajemen Distribusi (Cetakan pertama).

Yayasan Cendekia Mulia Mandiri.



- Andriansyah, M. V., Darajatun, R. A., & Rinaldi, D. N. (2021). Optimalisasi Pendistribusian dengan Metode Travelling Salesman Problem untuk Menentukan Rute Terpendek Di PT. XYZ. *Tekmapro : Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(02), 84–95.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B., & Bowersox, J. C. (2024). *Supply chain logistics management* (Sixth edition). McGraw Hill.
- Ilham, C. (2021). *Teknik Pemilihan Rute dan Moda Angkutan Perairan Daratan (Teori dan Implementasi)* (Terbitan pertama). Penerbit Adab.
- Kasanah, Y. U., Qisthani, N. N., & Munang, A. (2022). Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet Using Heuristic Algorithm in Poultry Distribution. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 21(1), 104–112. <https://doi.org/10.23917/jiti.v21i1.17430>
- Purnomo, Y., Wahyono, D., & Suhendra, A. (2022). Penentuan Rute Distribusi Dan Biaya Transportasi Kantor Pos Ungaran dalam Rangka Efisiensi dengan Metode Saving Matrix, Nearest Insertion Dan Nearest Neighbour. 16.
- Rahmah, A., & Ningrat, N. (2023). Penentuan Moda Transportasi untuk Efisiensi Biaya Kirim dengan Metode AHP pada IKM Kerupuk Idaman Ciamis. *Jurnal Industrial Galuh*, 2(2), 71–79. <https://doi.org/10.25157/jig.v2i2.2969>
- Sari, G., Heryanto, R., & Santoso, S. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model Integer Linear Programming dengan Metode Branch and Bound. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 1(01), 69–79. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v1i01.4265>