

USULAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK MIE MENGUNAKAN ALGORITMA SWEEP, NEAREST NEIGHBOR, 2-OPT INTRA ROUTE, DAN 1-0 INSERTION INTRA ROUTE PADA CV X

Rafiq Murtadha^{1*}, Said Muhammad Baisa²

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional Bandung

Email: rafiqmurtadha14@gmail.com¹

Received 24 01 2024 | Revised 31 01 2024 | Accepted 31 01 2024

ABSTRAK

CV X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian produk mie mentah. Permasalahan yang timbul pada perusahaan yaitu proses pendistribusiannya masih menggunakan pengetahuan dari supir dan pemanfaatan kendaraan yang belum maksimal. Permasalahan perusahaan ini termasuk ke dalam vehicle routing problem (VRP). Tujuan penelitian ini yaitu membuat rancangan rute baru yang lebih baik dari rute sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu algoritma sweep, nearest neighbor, 2-opt insertion intra route, dan 1-0 insertion intra route. Berdasarkan hasil pengolahan data, jarak yang dihasilkan rute rancangan memiliki nilai yang lebih baik daripada rute aktual perusahaan. Jarak yang dihasilkan dari rute rancangan yaitu 40,05 km. Waktu yang dihasilkan dari rute rancangan yaitu 136,60 menit. Penghematan jarak yang dihasilkan rute rancangan sebesar 23,79% dan penghematan waktu dari rute rancangan sebesar 15,47%.

Kata kunci: *Vehicle Routing Problem (VRP), Algoritma Sweep, Nearest Neighbor, 2-Opt Insertion Intra Route, 1-0 Insertion Intra Route*

ABSTRACT

CV X is a company that operates in the distribution of raw noodle products. The problem that arises in the company is that the distribution process still uses the driver's estimates and vehicle utilization is not optimal. The company's problems are included in the Vehicle Routing Problem (VRP). The purpose of this research is to design a new route that is better than the previous route. The methods used in this study are sweep algorithm, nearest neighbour, 2- opt intra route, and 1-0 insertion intra route. Based on the results of data processing, the resulting distance from the designed route has a better value than the company's actual route. The resulting distance from the designed route is 40.05 km. The resulting time from the designed route is 136.60 minutes. Distance savings resulting from the designed route amounted to 23.79% and time savings from the designed route amounted to 15.47%.

Key words: *Vehicle Routing Problem, Sweep Algorithm, Nearest Neighbor, 2-Opt Insertion Intra Route, 1-0 Insertion Intra Route*

1. PENDAHULUAN

Logistik memiliki hubungan yang erat dengan supply chain yang berperan penting dalam mengatur alur pendistribusian. Supply chain management (SCM) adalah sebuah sistem terkoordinasi yang terdiri atas organisasi, sumber daya manusia, aktivitas, informasi, dan sumber-sumber daya lainnya yang terlibat secara bersama-sama dalam memindahkan produk atau jasa baik dalam bentuk fisik maupun virtual dari suatu pemasok kepada pelanggan (Arif, 2018). Distribusi adalah membuat keputusan-keputusan mengenai rute yang dapat mengoptimalkan jarak atau biaya perjalanan, waktu tempuh, banyaknya kendaraan yang dioperasikan dan sumber daya lain yang tersedia (Azizah & Oesman, 2015). Distribusi merupakan proses dalam menyimpan produk jadi dari produsen ke pelanggan pada saat dibutuhkan (Lukman, 2021). Distribusi dalam menyalurkan barang dan jasa perlu disesuaikan dengan sumber daya dan kemampuan perusahaan untuk mendapatkan hasil yang baik. Proses distribusi yang efektif dan efisien menjadi salah satu faktor dalam mencapai kepuasan konsumen. Semakin tingginya persaingan di dunia industri membuat perusahaan harus memiliki strategi distribusi yang lebih baik (Pertiwi dkk., 2020).

Produk mie kuning merupakan sebuah usaha industri yang banyak diperjualbelikan di Indonesia. CV X merupakan salah satu perusahaan yang mendistribusikan produk mie mentah. Jumlah toko yang bekerja sama dengan CV X yaitu berjumlah 29 toko. Masing-masing toko memiliki jumlah permintaan yang berbeda-beda. Alat angkut yang digunakan untuk mendistribusikan produknya yaitu mobil yang berjumlah dua unit dengan kapasitas 100 kg. Perusahaan saat ini masih belum memiliki rute distribusi yang baik. Perusahaan dalam melakukan kegiatan distribusinya masih berdasarkan perkiraan jarak dari supir. Permasalahan tersebut perlu diperbaiki untuk menghasilkan rute yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan rute distribusi yang dilalui mejadi lebih baik. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan algoritma sweep, nearest neighbor, 2-opt intra route, dan 1-0 insertion intra route.

2. METODOLOGI

2.1 Identifikasi Masalah

CV X. adalah perusahaan yang bergerak di industri makanan yang mendistribusikan produk ke beberapa toko di kota Teluk Kuantan dan sekitarnya. Perusahaan memiliki masalah dalam proses pendistribusiannya karena rute distribusi masih menggunakan pengetahuan dari supir dan pemanfaatan kendaran yang belum maksimal. Kasus tersebut dapat termasuk kedalam permasalahan Vehicle Routing Problem (VRP). Permasalahan Vehicle Routing Problem (VRP) bisa diperbaiki menggunakan beberapa cara, melakukan pembentukan rute baru menggunakan algoritma sweep dan metode nearest neighbor, kemudian akan dilakukan perbaikan terhadap rute yang telah terbentuk dengan menggunakan metode 2-opt intra route dan 1-0 insertion intra route untuk memberikan rute distribusi yang terbaik dan pemanfaatan kapasitas yang optimal untuk setiap rute tersebut.

2.2 Studi Literatur

Studi literatur mencakup tentang teori-teori yang mendukung dalam menunjang penelitian untuk dijadikan acuan dan pedoman dalam menyelesaikan permasalahan perusahaan. Studi literatur yang digunakan adalah supply chain management, distribusi, transportasi, vehicle routing problem, dan metode yang digunakan yaitu algoritma sweep, nearest neighbor, 2-opt intra route, dan 1-0 insertion intra route.

2.3 Penentuan Metode

Permasalahan yang terjadi pada perusahaan yaitu mengenai penentuan rute distribusi yang termasuk kedalam Vehicle Routing Problem (VRP). Metode yang bisa digunakan dalam menyelesaikan permasalahan tersebut adalah algoritma sweep, nearest neighbor, 2-opt intra route, dan 1-0 insertion intra route. Perhitungan algoritma sweep dilakukan dengan dua tahap yaitu pengelompokan toko dan pembentukan rute. Pembentukan rute dilakukan dengan metode nearest neighbor yang digunakan juga untuk menentukan urutan kunjungan. Pembentukan rute baru dilakukan dengan perhitungan menggunakan metode 2-opt intra route dan dilanjutkan dengan metode 1-0 insertion intra route agar menghasilkan rute baru yang lebih baik.

2.4 Pengumpulan Data

Penyelesaian masalah yang akan dilakukan memerlukan data-data untuk menunjang dalam pengolahan data. Data-data yang diperlukan diantaranya data lokasi toko dan permintaan toko, data kendaraan, jadwal pengiriman, kapasitas alat angkut, rute aktual, dan data waktu loading dan unloading.

2.5 Pengolahan Data

Proses perhitungan dalam pengolahan data ini menggunakan algoritma sweep, nearest neighbor, 2-opt intra route dan 1-0 insertion intra route yang nantinya akan didapatkan hasil berupa rute baru yang lebih baik. Pengolahan data pun telah mencakup analisis setelah perhitungan dilakukan. Langkah-langkah pengolahan data tersebut dapat dilihat di bawah ini:

1. Perhitungan Total Jarak dan Waktu Rute Pengiriman Aktual
Perhitungan ini merupakan perhitungan dari total jarak dan waktu yang dilalui kendaraan dari rute pengiriman yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Proses perhitungannya dilakukan dengan cara menjumlahkan jarak dan waktu dari gudang menuju toko hingga nantinya kendaraan tersebut kembali lagi ke gudang.
2. Perhitungan Utilitas Alat Angkut Rute Pengiriman Aktual
Perhitungan utilitas ini berlaku untuk semua kendaraan yang mengangkut barang dalam pendistribusian produk kepada konsumen oleh perusahaan. Perhitungan tersebut diperlukan data-data seperti data barang yang dikirim serta data kapasitas alat angkut dari kendaraan yang digunakan.
3. Algoritma Sweep
Pengolahan data dalam menyelesaikan permasalahan menggunakan algoritma sweep perlu melewati beberapa langkah-langkah. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap pengelompokan (clustering) menurut Saraswati dkk. (2017):
 - a. Menentukan tiap posisi agen dalam koordinat kartesius dan menetapkan lokasi depot sebagai pusat koordinat.
 - b. Menentukan seluruh koordinat polar tiap agen dengan depot awal.
 - c. Membentuk clustering dimulai dari agen yang memiliki sudut polar terkecil hingga terbesar dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan.
 - d. Memastikan semua agen yang terlibat telah dikelompokkan dalam cluster.
 - e. Pengelompokan dihentikan apabila terdapat satu cluster yang akan melebihi kapasitas maksimal kendaraan.
 - f. Jika hal tersebut terjadi maka dilakukan pembuatan cluster baru seperti Langkah sebelumnya.

Langkah-langkah pembentukan rute distribusi menurut Saraswati dkk. (2017):

- a. Hal yang pertama dilakukan adalah menentukan satu titik sebagai titik awal perjalanan yaitu depot perusahaan, setelah itu menentukan himpunan titik (C) yang akan dikunjungi oleh kendaraan, kemudian menentukan urutan rute distribusi sementara.
 - b. Memilih titik selanjutnya yang dikunjungi kendaraan. Jika n_1 adalah titik urutan terakhir dari rute R maka titik berikutnya n_2 yang memiliki jarak paling minimum dengan n_1 , dimana n_2 adalah anggota dari C. Apabila banyak pilihan optimal berarti terdapat lebih dari satu titik dengan jarak yang sama dari titik terakhir dalam rute R dan jarak tersebut merupakan jarak yang paling minimum maka pilih secara acak.
 - c. Menambahkan titik terpilih untuk urutan rute berikutnya. Menambahkan titik n_1 pada urutan akhir rute sementara dan mengeluarkan titik yang terpilih dari daftar titik yang belum dikunjungi.
 - d. Apabila semua titik telah dilewati selanjutnya dilakukan penutupan rute dengan menambahkan titik awal perjalanan di akhir rute.
4. Metode Nearest Neighbor
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengurutan rute menggunakan metode nearest neighbor adalah mengambil rute yang telah dibentuk pada algoritma sweep. Langkah selanjutnya menentukan titik depot pusat sebagai awal dari pendistribusian, dilanjutkan dengan menentukan toko yang akan dikunjungi berdasarkan jarak terdekat dari depot. Langkah selanjutnya adalah menentukan toko selanjutnya yang akan dikunjungi berdasarkan jarak terdekat dari toko sebelumnya. Pastikan seluruh toko telah masuk kedalam rute yang akan dikunjungi hingga nantinya kembali kepada depot sebagai akhir dari rute distribusi. Langkah-langkah metode ini dapat dilihat pada penelitian Arinalhaq dkk. (2013) dan Suyudi dkk. (2015).
 5. Metode 2-Opt Intra Route
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan perbaikan rute menggunakan metode 2-opt intra route dimulai dengan memindahkan dua busur, kemudian menghubungkan kembali lintasan sehingga menjadi lintasan baru dan menghitung jarak lintasan tersebut. Metode ini dilakukan terus hingga menemukan rute baru yang lebih baik dari rute sebelumnya. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan VRP, sebagai contoh penelitian Gomez dkk (2013) dan Imran dan Okdinawati (2012).
 6. Metode 1-0 Insertion Intra Route
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan perbaikan rute menggunakan Metode 1-0 insertion intra route adalah dimulai dari proses input rute yang telah diurutkan oleh metode sebelumnya. Langkah selanjutnya melakukan proses pertukaran titik dalam rute yang sama, hingga seluruhnya mengalami pertukaran. Langkah selanjutnya setelah melakukan proses penukaran yaitu melakukan perhitungan total jarak, apabila total jarak setelah penukaran lebih kecil dari sebelum penukaran maka akan terbentuk rute yang baru, sedangkan apabila total jarak lebih besar dari sebelum penukaran maka rute dari metode sebelumnya tetap digunakan.
 7. Perhitungan Utilitas Alat Angkut Rute Pengiriman
Perhitungan utilitas ini berlaku untuk semua kendaraan yang mengangkut barang dalam pendistribusian produk kepada konsumen oleh perusahaan. Perhitungan tersebut diperlukan data-data seperti data barang yang dikirim serta data kapasitas alat angkut dari kendaraan yang digunakan.
 8. Perbandingan Total Jarak dan Waktu Rute Pengiriman Aktual dan Rute Rancangan
Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan jarak dan waktu rute aktual dan rute rancangan. Berdasarkan hasil perbandingan, selanjutnya melakukan perhitungan penghematan total jarak dan penghematan total waktu.

Usulan Rute Distribusi Produk Mie menggunakan Algoritma Sweep, Nearest Neighbor, 2-Opt Intra Route, dan 1-0 Insertion Intra Route pada CV X

2.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan ini berisi penjelasan tentang hasil yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisikan pada poin ini berisikan usulan-usulan perbaikan yang didapat sehingga nantinya akan ditujukan kepada perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Lokasi Toko dan Permintaan Toko

Data ini meliputi data toko, kode toko, alamat toko, dan permintaan dari masing-masing toko yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Lokasi Toko dan Permintaan Toko

No	Nama Penerima Toko	Kode Toko	Alamat	Permintaan (kg)
1	Udin	T1	Jl. Perintis Kemerdekaan, Pulau Godang, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
2	Arba	T2	Jl. Lintas Lubuk Jambi - Kari, Pulau Godang, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
3	Rahman	T3	Jl. Lintas Lubuk Jambi - Kari, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29511	10
4	Noza	T4	Jl. Lintas Lubuk Jambi - Kari, Koto, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29511	5
5	Bobby	T5	Jl. Lintas Lubuk Jambi - Kari, Pintu Gobang, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29511	10
6	Nusur	T6	Jl. Lintas Lubuk Jambi - Kari, Pintu Gobang, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29511	15
7	Ahmad	T7	Jl. Merbau, Koto Kari, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
8	Topel	T8	Jl. Merbau, Koto Kari, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15
9	Bella	T9	Jl. Perintis Kemerdekaan, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
10	Rehan	T10	Jl. Jeruk, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
11	Ema	T11	Jl. Perintis Kemerdekaan, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15
12	Sumi	T12	Jl. Padat Karya, Simpang Tiga, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29562	5
13	Ilham	T13	Jl. Perintis Kemerdekaan, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15
14	Toti	T14	Jl. Perintis Kemerdekaan, Simpang Tiga, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29562	15
15	Agung	T15	Jl. Proklamasi No.51, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15
16	Larisa	T16	Jl. Achmad Yani, Koto Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
17	Zona	T17	Jl. Achmad Yani, Koto Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
18	Ipung	T18	Jl. Jendral Sudirman No.73, Ps. Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15
19	Putra	T19	Jl. Imam Munandar, Ps. Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
20	Indri	T20	Jl. Tuanku Tambusai, Beringin Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
21	Pidon	T21	Jl. Tuanku Tambusai, Koto Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
22	Sari	T22	Jl. Proklamasi, Koto Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
23	Ardian	T23	Jl. Merapi, Beringin Taluk, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
24	Nadia	T24	Jl. Proklamasi, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
25	Fauzi	T25	Jl. Proklamasi, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29556	5
26	Indah	T26	Jl. Proklamasi, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	10
27	Rati	T27	Jl. Proklamasi No.99, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29562	15
28	Ratna	T28	Jl. Rustams Abrus, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	5
29	Ananta	T29	Jl. Rustams Abrus, Sungai Jering, Kec. Kuantan Tengah, Kab. Kuantan Singingi, Riau 29566	15

3.2 Data Kendaraan

Data kendaraan menjadi salah satu hal yang penting dalam melakukan pendistribusian produk. Data kendaraan ini meliputi model transportasi yang digunakan, jumlah kendaraan yang dimiliki, serta kapasitas angkut dari kendaraan tersebut. Model transportasi yang digunakan yaitu mobil avanza sebanyak 2 unit dengan kapasitas angkut sebesar 100 kg per mobil.

3.3 Rute Aktual Perusahaan

Rute aktual merupakan data dari proses pengiriman yang dilakukan perusahaan untuk mengirimkan produknya ke toko-toko setiap jadwalnya. Berikut merupakan rute aktual perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rute Aktual Perusahaan

No	Rute	Demand (kg)
1	Gudang - Toko 1 - Toko 4 - Toko 5 - Toko 6 - Toko 10 - Toko 13 - Toko 16 - Gudang	65
2	Gudang - Toko 2 - Toko 3 - Toko 11 - Toko 19 - Toko 20 - Toko 23 - Toko 21 - Gudang	65
3	Gudang - Toko 7 - Toko 8 - Toko 9 - Toko 22 - Toko 25 - Toko 28 - Toko 29 - Gudang	60
4	Gudang - Toko 12 - Toko 14 - Toko 15 - Toko 17 - Toko 18 - Toko 24 - Toko 26 - Toko 27 - Gudang	85
Total		275

3.4 Data Waktu Loading dan Unloading

Waktu loading merupakan waktu yang diperlukan untuk memasukkan produk dari gudang ke kendaraan. Waktu unloading merupakan waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan produk dari kendaraan ke toko. Data waktu loading yang dibutuhkan sebesar 0,1 menit per kg dan waktu unloading yang dibutuhkan sebesar 1 menit per toko.

3.5 Membuat Matriks Waktu dan Matriks Jarak

Matriks waktu merupakan waktu yang ditempuh dari gudang ke setiap toko dan jarak antar toko ke toko lainnya. Matriks jarak merupakan jarak yang ditempuh dari gudang ke setiap toko dan jarak antar toko ke toko lainnya. Data waktu dan jarak didapat dengan menggunakan bantuan aplikasi google maps. Matriks waktu dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Matriks Waktu

Dari Ke	Gudang	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Toko 4	Toko 5	Toko 6	Toko 7	Toko 8	Toko 9	Toko 10	Toko 11	Toko 12	Toko 13	Toko 14	Toko 15	Toko 16	Toko 17	Toko 18	Toko 19	Toko 20	Toko 21	Toko 22	Toko 23	Toko 24	Toko 25	Toko 26	Toko 27	Toko 28	Toko 29
Toko 1	1,7																													
Toko 2	1,2	0,5																												
Toko 3	1,4	1,3	0,8																											
Toko 4	2,4	2,2	1,8	1,0																										
Toko 5	3,2	3,2	2,6	1,8	0,8																									
Toko 6	4,6	4,4	4,0	3,2	2,2	1,4																								
Toko 7	2,4	2,4	2,0	1,1	2,0	2,8	4,2																							
Toko 8	3,4	3,2	2,8	2,0	3,0	3,8	5,2	0,9																						
Toko 9	2,4	0,7	1,2	2,0	3,0	3,8	5,2	3,2	4,0																					
Toko 10	3,2	1,5	2,0	2,8	3,8	4,6	6,0	3,8	4,8	0,8																				
Toko 11	3,4	1,7	2,0	3,0	4,0	4,8	6,2	4,0	5,0	0,9	0,8																			
Toko 12	4,8	3,2	3,6	4,4	5,4	6,2	7,6	5,6	6,4	2,4	2,4	1,5																		
Toko 13	4,8	3,0	3,6	4,4	5,4	6,2	7,6	5,4	6,4	2,4	2,2	1,4	1,6																	
Toko 14	5,4	3,6	4,0	5,0	5,8	6,8	8,0	6,0	7,0	3,0	2,8	2,0	2,2	0,6																
Toko 15	6,2	4,6	5,0	5,8	6,8	7,6	9,0	7,0	7,8	3,8	3,6	2,8	3,0	1,5	0,9															
Toko 16	6,2	4,4	5,0	5,8	6,8	7,6	9,0	6,8	7,8	3,8	3,6	2,8	3,0	1,4	0,8	3,4														
Toko 17	7,0	5,4	5,8	6,6	7,6	8,4	9,8	7,8	8,6	4,6	4,6	3,6	3,8	2,2	1,7	4,2	0,9													
Toko 18	7,8	6,0	6,4	7,4	8,2	9,2	10,4	8,4	9,4	5,4	5,2	4,4	4,6	3,0	2,4	4,8	1,6	0,7												
Toko 19	7,6	6,0	6,4	7,2	8,2	9,0	10,4	8,4	9,2	5,2	5,0	4,2	4,4	2,8	2,2	5,0	1,5	1,5	2,1											
Toko 20	8,2	6,6	7,0	7,8	8,8	9,6	11,0	9,0	9,8	5,8	5,8	5,0	5,0	3,4	3,0	5,6	2,8	2,4	1,7	1,5										
Toko 21	7,0	5,2	5,6	6,6	7,6	8,4	9,8	7,6	8,6	4,6	4,4	4,8	3,8	2,2	1,6	1,4	2,0	2,2	3,4	2,0	1,7									
Toko 22	6,6	4,8	5,4	6,2	7,2	8,0	9,4	7,2	8,2	4,2	4,0	3,2	3,6	2,6	2,6	1,7	3,2	4,2	4,8	4,4	4,2	2,4								
Toko 23	8,2	6,4	6,8	7,8	9,0	9,6	10,8	8,8	9,8	5,8	5,6	4,8	5,0	3,4	2,8	2,6	3,4	4,4	3,2	1,7	1,3	2,6	2,6							
Toko 24	6,4	4,8	5,2	6,0	7,0	7,8	9,2	7,2	8,0	4,0	3,8	3,0	2,6	2,4	2,4	1,6	3,2	4,0	4,6	4,4	4,0	2,2	1,7	4,6						
Toko 25	6,6	4,8	5,4	6,2	7,2	8,0	9,4	7,2	8,2	4,2	4,0	3,2	1,7	3,0	3,0	2,0	3,6	4,6	5,2	4,8	4,4	2,8	2,2	5,2	1,5					
Toko 26	7,6	5,8	6,2	7,2	8,0	9,0	10,2	8,2	9,0	5,2	5,0	4,2	2,6	4,0	4,0	3,0	4,6	5,4	6,2	5,8	5,4	3,8	3,2	6,0	2,4	1,0				
Toko 27	8,8	7,2	7,6	8,4	9,4	10,2	11,6	9,6	7,6	6,4	6,4	5,6	4,0	3,2	5,4	4,4	6,0	6,8	7,6	7,2	6,8	5,2	4,6	7,4	3,8	2,2	1,3			
Toko 28	10,0	8,6	9,0	9,6	10,4	11,8	14	6,6	7,8	7,6	6,8	5,4	6,6	6,6	5,8	7,4	8,2	9,0	9,6	9,2	8,4	6,0	6,8	5,2	3,6	2,8	1,4			
Toko 29	11,6	10,2	10,6	10,2	11,2	12,0	13,4	9,0	8,2	9,4	9,2	8,4	7,0	8,2	8,2	7,4	9,0	9,8	10,4	10,2	9,8	8,0	7,6	10,4	6,8	5,2	4,2	3,0	1,6	

Matriks jarak dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Matriks Waktu

Dari ke	Gudang	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Toko 4	Toko 5	Toko 6	Toko 7	Toko 8	Toko 9	Toko 10	Toko 11	Toko 12	Toko 13	Toko 14	Toko 15	Toko 16	Toko 17	Toko 18	Toko 19	Toko 20	Toko 21	Toko 22	Toko 23	Toko 24	Toko 25	Toko 26	Toko 27	Toko 28	Toko 29
Toko 1	0,05																													
Toko 2	0,60	0,23																												
Toko 3	0,70	0,65	0,40																											
Toko 4	1,20	1,10	0,90	0,50																										
Toko 5	1,60	1,60	1,30	0,90	0,40																									
Toko 6	2,30	2,20	2,00	1,60	1,10	0,70																								
Toko 7	1,20	1,20	1,00	0,55	1,00	1,40	2,10																							
Toko 8	1,70	1,60	1,40	1,00	1,50	1,90	2,60	0,45																						
Toko 9	1,20	0,35	0,60	1,00	1,50	1,90	2,60	1,80	2,00																					
Toko 10	1,60	0,75	1,00	1,40	1,90	2,30	3,00	1,90	2,40	0,40																				
Toko 11	1,70	0,65	1,00	1,50	2,00	2,40	3,10	2,00	2,50	0,45	0,40																			
Toko 12	2,40	1,80	1,80	2,20	2,70	3,10	3,80	2,80	3,20	1,20	1,20	0,15																		
Toko 13	2,40	1,50	1,80	2,20	2,70	3,10	3,80	2,70	3,20	1,20	1,10	0,10	0,80																	
Toko 14	2,70	1,80	2,00	2,50	2,90	3,40	4,00	3,00	3,50	1,50	1,40	1,00	1,10	0,30																
Toko 15	3,10	2,20	2,50	2,90	3,40	3,90	4,50	3,50	3,90	1,90	1,80	1,40	1,50	0,75	0,45															
Toko 16	3,10	2,20	2,50	2,90	3,40	3,90	4,50	3,40	3,90	1,90	1,80	1,40	1,50	0,70	0,40	1,10														
Toko 17	3,50	2,70	2,90	3,30	3,80	4,20	4,80	3,80	4,30	2,30	2,20	1,80	1,90	1,10	0,65	2,10	0,45													
Toko 18	3,90	3,00	3,20	3,70	4,10	4,60	5,20	4,20	4,70	2,70	2,60	2,20	2,30	1,50	1,20	2,40	0,80	0,35												
Toko 19	3,90	3,00	3,20	3,60	4,10	4,50	5,20	4,20	4,60	2,60	2,50	2,10	2,20	1,40	1,10	1,50	0,75	0,75	1,10											
Toko 20	4,10	3,30	3,50	3,90	4,40	4,80	5,50	4,50	4,90	2,90	2,80	2,50	2,50	1,70	1,50	1,30	1,40	1,20	0,65	0,75										
Toko 21	3,50	2,60	2,90	3,30	3,80	4,20	4,90	3,80	4,30	2,30	2,20	2,40	1,90	1,10	0,80	0,70	1,00	1,10	1,70	1,00	0,65									
Toko 22	3,30	2,40	2,70	3,10	3,60	4,00	4,70	3,60	4,10	2,10	2,00	1,60	1,80	1,30	1,30	0,65	1,00	2,10	2,40	2,20	2,10	1,20								
Toko 23	4,10	3,30	3,40	3,90	4,50	4,80	5,40	4,40	4,90	2,90	2,80	2,40	2,50	1,70	1,40	1,30	1,70	2,20	1,60	0,65	0,65	1,30	1,30							
Toko 24	3,20	2,40	2,60	3,00	3,50	3,90	4,60	3,60	4,00	2,00	1,90	1,50	1,30	1,20	1,20	0,60	1,60	2,00	2,30	2,20	2,00	1,10	0,65	2,30						
Toko 25	3,30	2,40	2,70	3,10	3,60	4,00	4,70	3,60	4,10	2,10	2,00	1,60	0,85	1,50	1,50	1,00	1,80	2,30	2,60	2,40	2,20	1,40	1,10	2,60	0,75					
Toko 26	3,80	2,90	3,10	3,60	4,00	4,50	5,10	4,10	4,50	2,60	2,50	2,10	1,30	2,00	2,00	1,50	2,30	2,70	3,10	2,90	2,70	1,90	1,60	3,00	1,20	0,50				
Toko 27	4,40	3,60	3,80	4,20	4,70	5,10	5,80	4,30	3,80	3,20	3,20	2,80	2,00	2,60	2,70	2,20	3,00	3,40	3,80	3,60	3,40	2,60	2,30	3,70	1,90	1,10	0,65			
Toko 28	5,00	4,30	4,50	4,90	4,80	5,20	5,90	3,70	3,30	3,80	3,80	3,40	2,70	3,30	3,30	2,90	3,70	4,10	4,50	4,30	4,10	3,20	3,00	4,40	2,60	1,80	1,40	0,70		
Toko 29	5,80	5,10	5,30	5,10	5,60	6,00	6,70	4,50	4,10	4,70	4,60	4,20	3,50	4,10	4,10	3,70	4,50	4,90	5,20	5,10	4,90	4,00	3,80	5,20	3,40	2,60	2,10	1,5	0,80	

3.6 Perhitungan Total Jarak dan Waktu dari Rute Aktual Perusahaan

Berikut merupakan hasil dari penjumlahan dari total jarak dan waktu pada rute aktual yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Total Jarak dan Waktu Rute Aktual Perusahaan

No	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Waktu Loading & Unloading (menit)	Total Waktu (menit)	Demand (kg)
1	Gudang - Toko 1 - Toko 4 - Toko 5 - Toko 6 - Toko 10 - Toko 13 - Toko 16 - Gudang	10,95	21,90	13,5	35,40	65
2	Gudang - Toko 2 - Toko 3 - Toko 11 - Toko 19 - Toko 20 - Toko 23 - Toko 21 - Gudang	11,40	22,80	13,5	36,30	65
3	Gudang - Toko 7 - Toko 8 - Toko 9 - Toko 22 - Toko 25 - Toko 28 - Toko 29 - Gudang	15,25	30,50	13,0	43,50	60
4	Gudang - Toko 12 - Toko 14 - Toko 15 - Toko 17 - Toko 18 - Toko 24 - Toko 26 - Toko 27 - Gudang	14,95	29,90	16,5	46,40	85
Total		52,55	105,10	56,50	161,60	275

3.7 Perhitungan Utilitas Kendaraan dari Rute Aktual Perusahaan

Berikut merupakan hasil dari perhitungan utilitas kendaraan pada rute aktual perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Utilitas Kendaraan dari Rute Aktual Perusahaan

No	Rute	Kapasitas yang Diangkut (kg)	Kapasitas Alat Angkut (kg)	Alokasi Kendaraan	Utilitas Alat Angkut (%)
1	Gudang - Toko 1 - Toko 4 - Toko 5 - Toko 6 - Toko 10 - Toko 13 - Toko 16 - Gudang	65	100	Mobil 1	65
2	Gudang - Toko 2 - Toko 3 - Toko 11 - Toko 19 - Toko 20 - Toko 23 - Toko 21 - Gudang	65		Mobil 2	65
3	Gudang - Toko 7 - Toko 8 - Toko 9 - Toko 22 - Toko 25 - Toko 28 - Toko 29 - Gudang	60		Mobil 1	60
4	Gudang - Toko 12 - Toko 14 - Toko 15 - Toko 17 - Toko 18 - Toko 24 - Toko 26 - Toko 27 - Gudang	85		Mobil 2	85
Rata-Rata Utilitas (%)					68,75

Merujuk kepada hasil di atas, hasil nilai utilitas dari rute aktual perusahaan masih belum baik dibandingkan dengan rute perancangan. Hal tersebut disebabkan karena pemanfaatan kapasitas kendaraan yang belum maksimal.

3.8 Algoritma Sweep

Algoritma sweep merupakan suatu algoritma menggunakan metode dua fase dengan fase pertama berupa clustering pelanggan berdasarkan wilayah dan kendaraan yang tersedia, dan fase dua berupa membangun rute-rute untuk tiap cluster (Ruben & Imran, 2020). Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data menggunakan algoritma sweep diantaranya:

1. Membuat Koordinat Kartesius Pada Tiap Toko

Koordinat kartesius dibuat untuk setiap tokonya, total terdapat 29 toko yang harus dibuatkan koordinat kartesius. Perusahaan sebagai gudang produk berada pada titik pusat (0,0) karena dijadikan sebagai awal dari pendistribusian. Koordinat kartesius ini dibuat menggunakan bantuan dari aplikasi Geo Gebra. Berikut merupakan hasil koordinat kartesius dari tiap toko yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Koordinat Kartesius Tiap Toko

No	Koordinat Kartesius		No	Koordinat Kartesius	
	X	Y		X	Y
1	-0,26	0,47	16	3,8	3,51
2	-0,68	0,04	17	4,84	3,31
3	-1,65	-0,23	18	5,46	3,89
4	-2,8	-0,73	19	4,65	4,74
5	-3,58	-1,5	20	4,62	5,24
6	-4,66	-2,89	21	3	4,5
7	-2,39	0,73	22	1,61	4,3
8	-3,42	1,27	23	4,12	5,8
9	0,57	0,82	24	0,21	4,45
10	1,28	0,94	25	-0,53	4,67
11	1,08	1,84	26	-1,58	5,2
12	0,36	2,87	27	-2,9	6,3
13	2,23	3,27	28	-3,98	5,33
14	2,87	3,62	29	-5,59	4,24
15	2,13	4,27			

2. Menghitung Koordinat Polar Pada Tiap Toko

Koordinat polar dihitung setelah pembuatan koordinat kartesius. Perhitungan koordinat polar berkaitan dengan proses pembuatan kelompok rute atau clustering. Perhitungan koordinat polar dibuat menggunakan bantuan dari aplikasi Geo Gebra. Berikut merupakan hasil koordinat polar dari tiap toko yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Koordinat Polar Tiap Toko

No	Koordinat Polar		No	Koordinat Polar	
	r (cm)	θ^0		r (cm)	θ^0
1	0,54	118,9	16	5,17	42,67
2	0,68	176,68	17	5,87	34,34
3	1,67	187,9	18	6,7	35,46
4	2,89	194,66	19	6,65	45,55
5	3,88	202,78	20	6,99	45,55
6	5,48	211,87	21	5,41	56,31
7	2,5	163,02	22	4,59	69,49
8	3,64	159,66	23	7,11	54,61
9	1	55,32	24	4,46	87,34
10	1,59	36,23	25	4,7	96,49
11	2,14	59,5	26	5,44	106,95
12	2,89	82,87	27	6,93	114,7
13	3,96	55,73	28	6,66	126,75
14	4,62	51,65	29	7,02	142,86
15	4,77	63,43			

Usulan Rute Distribusi Produk Mie menggunakan Algoritma Sweep, Nearest Neighbor, 2-Opt Intra Route, dan 1-0 Insertion Intra Route pada CV X

3. Mengurutkan Koordinat Polar Yang Terkecil Ke Terbesar
Setelah dilakukan perhitungan koordinat polar dari setiap tokonya, selanjutnya dilakukan pengurutan. Pengurutan koordinat polar tersebut dilakukan dari yang terkecil sampai yang terbesar. Pengurutan tersebut bertujuan agar memudahkan dalam proses clustering. Berikut merupakan hasil pengurutan koordinat polar dari yang terkecil hingga terbesar yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengurutan Koordinat Polar Tiap Toko

No	Koordinat Polar		No	Koordinat Polar	
	r (cm)	θ°		r (cm)	θ°
1	5,87	34,34	16	4,46	87,34
2	6,7	35,46	17	4,7	96,49
3	1,59	36,23	18	5,44	106,95
4	5,17	42,67	19	6,93	114,7
5	6,65	45,55	20	0,54	118,9
6	6,99	45,55	21	6,66	126,75
7	4,62	51,65	22	7,02	142,86
8	7,11	54,61	23	3,64	159,66
9	1	55,32	24	2,5	163,02
10	3,96	55,73	25	0,68	176,68
11	5,41	56,31	26	1,67	187,9
12	2,14	59,5	27	2,89	194,66
13	4,77	63,43	28	3,88	202,78
14	4,59	69,49	29	5,48	211,87
15	2,89	82,87			

4. Pembuatan Clustering Toko Berdasarkan Koordinat Polar
Pengelompokan atau clustering pada toko ini dilakukan berdasarkan dari koordinat polar toko yang terkecil ke koordinat polar terbesar. Proses clustering ini perlu memperhatikan beberapa faktor seperti jumlah permintaan dari tiap toko serta kapasitas angkut dari kendaraan. Hal itu karena apabila jumlah permintaan dari tiap toko melebihi dari kapasitas kendaraan maka nantinya harus membuat cluster yang baru. Berikut rekapitulasi hasil pengelompokan rute yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengelompokan Rute

Cluster	Kendaraan	Rute Distribusi Hasil Pengelompokan	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh (menit)	Demand (kg)
1	Mobil 1	G-T17-T18-T10-T16-T19-T20-T14-T23-T9-T13-T12-G	19,95	53,90	100
2	Mobil 2	G-T21-T11-T15-T22-T24-T25-T26-T27-T1-T28-T7-G	23,70	61,40	100
3	Mobil 1	G-T29-T8-T2-T3-T4-T5-T6-G	15,60	41,20	75
Total			59,25	156,50	

Hasil dari pengelompokan rute dengan menggunakan algoritma sweep dapat membuat pendistribusian menjadi lebih baik. Hal tersebut terlihat bahwa rute yang dihasilkan menjadi 3 rute yang sebelumnya adalah 4 rute. Total jarak yang dihasilkan pun menjadi lebih pendek dibandingkan rute aktual perusahaan setelah dilakukannya pengelompokan toko menggunakan algoritma sweep.

5. Pengurutan Rute tiap Cluster Menggunakan Metode Nearest Neighbor
Pengurutan rute ini dilakukan apabila semua toko telah masuk kedalam setiap rutenya. Pengurutan rute ini dilakukan untuk setiap cluster dengan menggunakan metode nearest neighbor.

3.9 Metode Nearest Neighbor

Metode nearest neighbor merupakan metode pengurutan rute tujuan dari jarak terdekat. Titik toko yang sudah dipilih selanjutnya memilih toko yang terdekat dengan toko yang sebelumnya sudah dituju (Mappa & Sudaryanto, 2019). Proses pengurutan rute ini dilakukan untuk meminimasi jarak tempuh yang dilakukan saat proses distribusi menghasilkan nilai yang lebih pendek. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengurutan rute menggunakan metode nearest neighbor yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Pengurutan Rute Menggunakan Metode Nearest Neighbor

Rute	Kendaraan	Rute Distribusi Nearest Neighbor	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh (menit)	Demand (kg)
1	Mobil 1	G-T9-T10-T12-T13-T14-T16-T17-T18-T20-T23-T19-G	11,25	43,5	100
2	Mobil 2	G-T1-T11-T15-T21-T24-T25-T26-T27-T28-T22-T7-G	15,30	51,6	100
3	Mobil 1	G-T2-T3-T4-T5-T6-T8-T29-G	15,10	48,7	75
Total			41,65	143,8	

3.10 Metode 2-Opt Intra Route

Permasalahan dalam penentuan rute distribusi menjadi lebih baik telah melewati beberapa tahapan sebelumnya. Tahapan pertama dimulai dengan menggunakan metode algoritma sweep untuk dilakukannya proses pengelompokan setiap toko. Tahapan kedua dilakukannya proses perhitungan menggunakan metode nearest neighbor untuk dilakukannya pengurutan rute distribusi agar jarak yang dihasilkan menjadi minimum. Tahapan selanjutnya adalah proses perhitungan menggunakan metode 2-opt intra route. Algoritma local search didefinisikan sebagai metode metaheuristic yang menggunakan beberapa kombinasi dari teknik optimasi (Toth & Vigo, 2002). Menurut Savelsberg (1990) dalam (Prabowo, 2023), Metode 2-opt dilakukan dengan cara memindahkan dua buah edge, kemudian menghubungkan kembali lintasan sehingga menjadi lintasan baru. Metode ini dilakukan untuk memperbaiki rute distribusi yang telah diurutkan oleh metode nearest neighbor. Berikut merupakan rekapitulasi hasil rute menggunakan metode 2-opt intra route dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Rute Menggunakan Metode 2-Opt Intra Route

Rute	Kendaraan	Rute Distribusi 2-Opt	Jarak (km)	Waktu (menit)	Demand (kg)
1	Mobil 1	G-T9-T10-T12-T13-T14-T16-T17-T18-T20-T23-T19-G	11,25	43,5	100
2	Mobil 2	G-T1-T11-T15-T21-T24-T25-T26-T27-T28-T22-T7-G	15,05	51,10	100
3	Mobil 1	G-T2-T3-T4-T5-T6-T8-T29-G	15,10	44,7	75
Total			41,40	139,3	

3.11 Metode 1-0 Insertion Intra route

Rute yang telah dibentuk menggunakan metode 2-opt intra route akan dibentuk menjadi rute baru menggunakan metode 1-0 insertion intra route. Metode ini dilakukan untuk memperoleh rute distribusi yang lebih baik dibandingkan metode 2-opt intra route. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perbaikan rute menggunakan metode 1-0 insertion intra route yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Usulan Rute Distribusi Produk Mie menggunakan Algoritma Sweep, Nearest Neighbor, 2-Opt Intra Route, dan 1-0 Insertion Intra Route pada CV X

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Rute Menggunakan Metode 1-0 Insertion Intra Route

Rute	Kendaraan	Rute Distribusi 1-0	Jarak (km)	Waktu (menit)	Demand (kg)
1	Mobil 1	G-T9-T12-T13-T14-T16-T17-T18-T20-T23-T19-T10-G	11,15	43,30	100
2	Mobil 2	G-T1-T11-T21-T15-T22-T24-T25-T26-T27-T28-T7-G	14,00	49,00	100
3	Mobil 1	G-T3-T4-T5-T6-T8-T29-T2-G	14,90	44,30	75
Total			40,05	136,6	

Kesimpulan dari hasil rute menggunakan metode 1-0 insertion intra route yaitu terdapat perbedaan hasil dari nilai total jarak dan total waktu. Hasil rute metode 1-0 insertion intra route memiliki nilai total jarak yang lebih pendek dan total waktu yang lebih cepat dibandingkan hasil rute dari metode 2-opt intra route.

3.11 Perhitungan Utilitas Kendaraan dari Rute Perancangan

Berikut merupakan hasil dari perhitungan utilitas kendaraan pada rute rancangan yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Utilitas Kendaraan dari Rute Rancangan

No	Rute	Kapasitas yang Diangkut (kg)	Kapasitas Alat Angkut (kg)	Alokasi Kendaraan	Utilitas Alat Angkut (%)
1	G-T9-T12-T13-T14-T16-T17-T18-T20-T23-T19-T10-G	100	100	Mobil 1	100
2	G-T1-T11-T21-T15-T22-T24-T25-T26-T27-T28-T7-G	100		Mobil 2	100
3	G-T3-T4-T5-T6-T8-T29-T2-G	75		Mobil 1	75
Rata-Rata Utilitas (%)					91,67

Merujuk kepada hasil di atas, hasil nilai utilitas dari rute rancangan memiliki nilai yang lebih besar pada rute 1, rute 2, dan rute 3 dibandingkan rute aktual perusahaan. Nilai utilitas yang besar pada rute rancangan didapat karena setelah melakukan proses pengolahan data, kapasitas kendaraan dapat dimanfaatkan menjadi lebih maksimal sehingga proses pendistribusian yang dilakukan menjadi lebih baik.

3.12 Perbandingan Total Jarak dan Waktu Rute Aktual dan Rute Rancangan

Berikut merupakan hasil rekapitulasi total jarak dan waktu rute aktual dan rute rancangan yang dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Rekapitulasi Total Jarak dan Waktu

Rute	Jarak (km)			Waktu (menit)		
	Rute Aktual	2-Opt	1-0	Rute Aktual	2-Opt	1-0
1	10,95	11,25	11,15	35,40	43,50	43,30
2	11,40	15,05	14,00	36,30	51,10	49,00
3	15,25	15,10	14,90	43,50	44,70	44,30
4	14,95			46,40		
Total	52,55	41,40	40,05	161,60	139,30	136,60

Setelah proses pengolahan data yang dilakukan selesai, pengolahan data tersebut menghasilkan output berupa rute rancangan. Hasil rute rancangan tersebut selanjutnya akan dilakukan perbandingan dengan rute aktual perusahaan untuk melihat seberapa besar perubahan yang terjadi. Jarak antara rute aktual perusahaan dan rute rancangan memiliki perbedaan. Rute rancangan memiliki nilai jarak yang lebih pendek dari rute aktual perusahaan. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan penghematan total jarak sebesar 23,79% dan penghematan total waktu sebesar 15,47%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah terdapat perbedaan jarak yang dihasilkan antara rute aktual perusahaan dan rute rancangan. Jarak yang dihasilkan dari rute rancangan memiliki nilai yang lebih baik daripada rute aktual perusahaan. Jarak yang dihasilkan sebesar 40,05 km dengan waktu sebesar 136,608 menit. Penghematan total jarak yang dihasilkan rute rancangan sebesar 23,79% dengan penghematan total waktu sebesar 15,47%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M. (2018). Supply Chain Management. Deepublish.
- Arinalhaq, F, Imran, A., & Fitria, L.(2013). Penentuan Rute Kendaraan Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus PD. Kebersihan Kota Bandung), REKA INTEGRA 1 (1).
- Azizah, U. N., & Oesman, T. I. (2015). Optimalisasi Biaya Distribusi Produk PT. Madubaru dengan Pendekatan Metode Saving Matrix Dan Generalized Assignment. Jurnal Rekayasa & Inovasi Teknik Industri, 3(2), 102–107.
- Gomez, A, Imran, A., & Salhi, S. (2013). Solution of classical transport problems with bee algorithms. International Journal of Logistics Systems and Management 15 (2-3), 160-170
- Imran, A., & Okdinawati, L. (2012). Adaptation of the variable Neighborhood search heuristic to solve the vehicle routing problem. Jurnal Teknik Industri 12 (1), 10-15
- Lukman S, S. S. (2021). Supply Chain Management. Kab. Gowa: CV. Cahaya Bintang Cemerlang.
- Mappa, T. M., & Sudaryanto. (2019). OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA DEPOK. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa, 24(3), 226–239. <https://doi.org/10.35760/tr.2019.v24i3.2399>
- Pertiwi, P. P., Iriani, & Ariyani, E. (2020). Penentuan Rute Distribusi Produk Dengan Metode Algoritma Clark And Wright Saving Heuristic Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Di PT X. Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi, 24-32.
- Prabowo, F. (2023). Usulan Penentuan Rute Distribusi Kemeja Menggunakan Metode Saving Matrix, Nearest Neighbor, Dan 2-Opt Intra-Route Pada Cv New Bandung Mulia Konveksi.
- Pujawan, I. N., & Er, M. (2017). Supply Chain Management (3rd ed.). Andi.
- Ruben, M., & Imran, A. (2020). Usulan rute distribusi menggunakan Algoritma Sweep dan Local Search (Studi Kasus di Perusahaan X). Jurnal Rekayasa Teknik Industri, 40–44. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v6i1.2491>
- 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. <https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41–44>.
- Suyudi, A., Imran, A., Susanty, S. (2015). Usulan Rancangan Rute Pendistribusian Air Galon Hanaang Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Local Search. REKA INTEGRA 3 (4).
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). The Vehicle Routing Problem. Society for Industrial and Applied Mathematics.