

Optimization of Finished Goods Product Distribution Routes Using Nearest Neighbor and Sequential Insertion Methods

Optimalisasi Rute Distribusi Finished Goods Product Menggunakan Metode Nearest Neighbor dan Sequential Insertion

Jihad Wahid Romadhon¹⁾, Indah Apriliana Sari Wulandari^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. *PT. TS is a manufacturing company whose products have been marketed in both national and international markets. In product distribution systems there are often constraints, distribution routes will take a lot of time and distance and may lead to late delivery of products to be distributed. Punctuality in distribution and in being made the best routes can help companies in minimizing distribution costs. Methods used to accomplish Vehicle Routing Problem (VRP) using nearest neighbor and sequential insertion algorithm Then a comparison and analysis of both applied algorithms were made. The results of this study found a 6.2% proposal route shorter than the company's existing route and obtained an exact arrival time according to customer service time.*

Keywords - Nearest Neighbor Algorithm, Sequential Insertion Algorithm, Distribution Route, Vehicle Routing Problem with Time Window.

Abstrak. *PT. TS merupakan perusahaan manufaktur flexible packaging film yang produknya telah dipasarkan di berbagai pasar nasional maupun internasional. Dalam sistem distribusi produk seringkali terdapat kendala, rute distribusi yang akan ditempuh menggunakan banyak waktu dan jarak serta dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman produk yang akan didistribusikan. Ketepatan waktu dalam distribusi serta ditentukannya rute yang terbaik dapat membantu perusahaan dalam meminimumkan biaya distribusi. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan Vehicle Routing Problem (VRP) dengan menggunakan algoritma nearest neighbor dan algoritma sequential insertion yang kemudian dilakukan perbandingan dan analisis dari hasil kedua algoritma yang di terapkan. Hasil dari penelitian ini didapatkan rute usulan 6.2% lebih pendek dibandingkan dengan rute eksisting perusahaan serta didapatkan waktu kedatangan yang tepat sesuai dengan waktu pelayanan pelanggan.*

Kata Kunci - Algoritma Nearest Neighbor, Algoritma Sequential Insertion, Rute Distribusi, Vehicle Routing Problem with Time Window.

I. PENDAHULUAN

Distribusi adalah suatu proses penyaluran barang dari produsen ke konsumen [1]. Penjadwalan dan pemilihan rute pengiriman dari depot ke berbagai lokasi pelanggan merupakan salah satu keputusan operasional terpenting dalam manajemen distribusi [2]. Keputusan ini sangat penting bagi perusahaan karena kegiatan ini memungkinkan perusahaan untuk merespon secara tepat waktu terhadap kebutuhan konsumen [3].

Dalam pendistribusian produk seringkali terdapat kendala, salah satunya kendala dalam menjadwalkan atau menentukan rute. rute distribusi yang akan ditempuh seringkali memakan banyak waktu dan jarak [4]. Hal ini menyebabkan keterlambatan pengiriman produk yang didistribusikan [5]. Masalah ini merupakan bagian dari Vehicle Routing Problem (VRP), Bentuk dasar VRP umumnya terkait dengan masalah penentuan rute kendaraan dalam melayani permintaan pelanggan dengan jumlah permintaan yang telah diketahui dan rute yang menghubungkan depot antar pelanggan dan pelanggan lain [6].

PT. TS merupakan perusahaan manufaktur flexible packaging film berbahan dasar polypropelene dan polyethylene terephthalate yang telah dipasarkan di berbagai pasar nasional maupun internasional. Dalam mendistribusikan produknya ke pelanggan PT. TS membutuhkan sekitar 8-11 armada truk tronton wingbox setiap harinya untuk dapat melayani permintaan pelanggan dengan rata-rata 13 pelanggan/hari, 1 unit truck dapat melayani hingga 4 pelanggan dalam 1 hari. Namun dalam melakukan penjadwalan distribusi produknya ke pelanggan tidak ada dilakukannya penghitungan jendela waktu (Time Window) terhadap rute yang dijadwalkan, sehingga menyebabkan produk mengalami keterlambatan dalam distribusi dan seringkali kendaraan distribusi tiba di pelanggan diluar waktu pelayanan yang telah ditentukan oleh pelanggan.

Produk yang gagal didistribusikan ke pelanggan dibawa kembali ke gudang perusahaan dan akan didistribusikan ulang keesokan harinya, dimana pendistribusian ulang tersebut menyebabkan cost distribusi menjadi tidak efektif, sehingga perlu dilakukannya penyelesaian masalah penentuan rute / VRP (Vehicle Routing Problem).

II. METODE

Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem merupakan suatu masalah tentang penentuan rute pada pendistribusian produk/barang dari gudang perusahaan (depot) kepada pelanggan yang memiliki tujuan untuk mendapatkan sebuah rute yang optimal dengan total jarak tempuh yang sangat minim [7]. VRP dapat diartikan sebagai sebuah permasalahan pada perencanaan rute kendaraan distribusi yang telah diketahui kapasitasnya, beroperasi dari suatu depot untuk memberikan supply kepada pelanggan dengan lokasi dan permintaan yang telah diketahui [8].

Terdapat 4 tujuan umum Vehicle Routing Problem (VRP), yaitu:

- a. Meminimalkan cost/biaya transportasi keseluruhan yang berkaitan dengan jarak tempuh dan juga biaya distribusi.
- b. Meminimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan dalam melayani seluruh permintaan pelanggan.
- c. Menyeimbangkan jarak rute, waktu tempuh, dan kapasitas angkut kendaraan.
- d. Meminimalkan penalty yang disebabkan karena pelayanan yang kurang memuaskan atau terlambat.

Nearest Neighbor

Nearest neighbor adalah sebuah metode heuristik yang dapat digunakan dalam memecahkan permasalahan Vehicle Routing Problem (VRP). Algoritma nearest neighbour menggunakan aturan yang sangat sederhana untuk menentukan/menghasilkan sebuah rute distribusi yaitu dengan menerapkan aturan selalu mengunjungi titik terdekat, algoritma ini dapat menghasilkan solusi VRP yang baik [9]. Penggunaan algoritma nearest neighbor sangat efektif dalam penerapannya yaitu dengan mencari pelanggan berikutnya yang akan dilayani berdasarkan jarak terdekat dari lokasi terakhir kendaraan mendistribusikan [10].

Sequential Insertion

Sequential Insertion merupakan metode heuristik yang digunakan dalam memecahkan masalah Vehicle Routing Problem (VRP). Algoritma Sequential Insertion memiliki prinsip menyisipkan pelanggan diantara tujuan pelanggan utama (seed customer) kedalam rute yang telah terbentuk [11]. Untuk mendapatkan tujuan pelanggan utama (seed customer) dengan memilih pelanggan dengan jarak tempuh terjauh atau waktu tempuh terlama dari depot, kemudian penyisipan pelanggan berikutnya dapat ditentukan dengan melihat jarak tempuh terdekat dan waktu tempuh tersingkat dengan mempertimbangkan jendela waktu pelayanan pelanggan [12].

Manajemen Logistik dan Distribusi

Manajemen logistik adalah bagian dari supply chain management yang merencanakan, mengimplementasikan, dan mengendalikan proses pengadaan, pengelolaan, pelayanan, dan informasi penyimpanan barang untuk menanggapi kebutuhan konsumen dengan efektif dan efisien [13]. Aktivitas manajemen logistik biasanya mencakup transportasi, inbound dan outbound, manajemen armada, pemrosesan material, pergudangan, pemrosesan pesanan, manajemen inventaris, desain jaringan logistik, perencanaan penawaran dan permintaan, dan penyedia logistik pihak ketiga [14].

Manajemen distribusi adalah strategi yang mengembangkan saluran penjualan dalam perencanaan, organisasi, operasi dan pengendalian demi tercapainya tujuan perusahaan. Saluran distribusi adalah sarana di mana barang diangkut dari supplier/produsen dan diantarkan ke konsumen atau pengguna akhir melalui jalur perantara [15]. Dalam distribusi melibatkan dua pihak yaitu pihak produsen dan pihak konsumen. Produsen berperan agar produk yang telah dihasilkan dapat tersebar ke konsumen secara merata, Sedangkan konsumen berperan agar dapat memperoleh produk tersebut dengan mudah.

Optimasi

Optimasi adalah proses untuk mencapai hasil yang optimal atau ideal [16]. Optimasi dapat juga diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal [17]. Optimasi merupakan permasalahan komputasional yang bertujuan untuk menemukan solusi terbaik dari beberapa solusi yang mungkin dari sejumlah alternatif solusi dengan memenuhi sejumlah batasan [18]. kata optimasi asalnya dari Bahasa Inggris yaitu optimization yang memiliki arti meminimumkan atau memaksimumkan sebuah fungsi yang telah diberikan untuk beberapa macam kendala [19].

Software Matlab

Matlab atau Matrix Laboratory merupakan sebuah software atau perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan pemrograman, analisis data, komputasi teknis, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan serta dapat menyajikan data dalam bentuk grafis [20].

Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengumpulan data akan diolah menggunakan software MATLAB dengan mengikuti tahapan – tahapan sebagai berikut :

1. Identifikasi jarak dan waktu tempuh

Diperlukan identifikasi jarak tempuh dan waktu tempuh antara depot ke masing-masing pelanggan dan antar pelanggan untuk dapat dilakukan perhitungan

2. Menentukan tujuan awal rute

Perjalanan dimulai dari warehouse dengan tujuan awal rute yang berbeda setiap metode. Algoritma nearest neighbor memilih tujuan awal rute yang paling terdekat dengan warehouse sedangkan algoritma sequential insertion memilih tujuan awal rute yang paling terjauh dari warehouse.

3. Menghitung permintaan/muatan kendaraan sesuai kapasitas maksimal

Batas kapasitas angkut maksimal kendaraan yaitu 14 pallet, pelanggan yang terpilih kedalam rute akan diperhitungkan jumlah permintaan dengan kapasitas kendaraan. Jika kapasitas kendaraan masih dapat menampung permintaan maka pelanggan ditambahkan kedalam rute dan jika kapasitas kendaraan sudah tidak dapat menampung permintaan pelanggan maka permintaan tersebut akan ditambahkan ke rute selanjutnya.

4. Perhitungan total waktu tempuh pengiriman antar lokasi

Rute yang terbentuk melalui perhitungan total waktu tempuh, jika waktu kedatangan melebihi batas waktu pelayanan pelanggan maka rute tidak dapat terbentuk dan akan dijadwalkan pada rute selanjutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Permintaan Pelanggan

Data permintaan pelanggan yang digunakan dalam penelitian diambil dari data pengiriman ke pelanggan pada bulan Januari 2022 dapat dilihat pada gambar 1, jumlah barang yang didistribusikan dihitung dengan satuan palet.

Minggu Ke - Tanggal	Data Permintaan Pelanggan																															Total (Palet)	
	1					2					3					4																	
	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31												
AJI					14	27	28	69	13	15	55	28	56	37	14				8														364
ANUGERAH						16	5	2			1																						24
INDOP													48	40	4	4	11		5														112
ALEA	19			6				3		8	2	6	6	8	8																4		70
PELANGI	18			11			6	3	10		2	1	5		6	15			27	17	31	26										178	
SETIA		13		1		13							5	8		7	4												8	2			61
TRIEVA		13		6								9	14	9					1									17	7				76
CERIA				30				1				10	42	7					9	13												112	
IPM				21	9	15				17	10	4	7					6									4	10		2			105
KSA		5	10	3								8			8		13							10	36	14							107
KARYA												2																					2
LAWANG	16	5		4	4	10	5	3	1	3	2	9	2	9	1	2	4													137			217
LUMI	2	1				2	1							1			3																10
MITRA	2	1				5	4					3		7		9	7	2	1	3	4	5											53
PVT		21	5	4	6	3	5	9				8	2	1		1		3												12			80
CITRA						9	3					1	4			4		1	1														25
JASUMA						12	10		12	12		12	2					6	7			5	5										83
ISM	17	21	26	6		7	1	1	1				22	4	1			2								4	5	18					136
KUK												2						1															3
NAPIN				1																													11
STT	40	60	30	50	20	20	50	61	40	60	46	40	40	10	17	40	40	20	24	20	50											778	
SPEKTRA			11	12		5								5		5	1																39
PMI	68	35	13			34	7	15	57	34				10			16	57	12	6	29	12	59									464	
SIMO											2																						2
SPR	13	7	62	13	74	59	50	50	11	10	41	35	30	18	10	23	11	43	27		76											663	
SMI	72	8	20	42		9	43	23	32	21	22	4	23	12	9	47	34	29	72	6	36											564	
TEMPRINA							7						1				1	2		6													17
VODA			9		10	16					21		23	14	20	12	3	5	16			13	6									168	
Total (Palet)	267	190	186	210	176	234	230	281	171	171	209	272	272	170	130	210	134	182	264	130	435											4524	

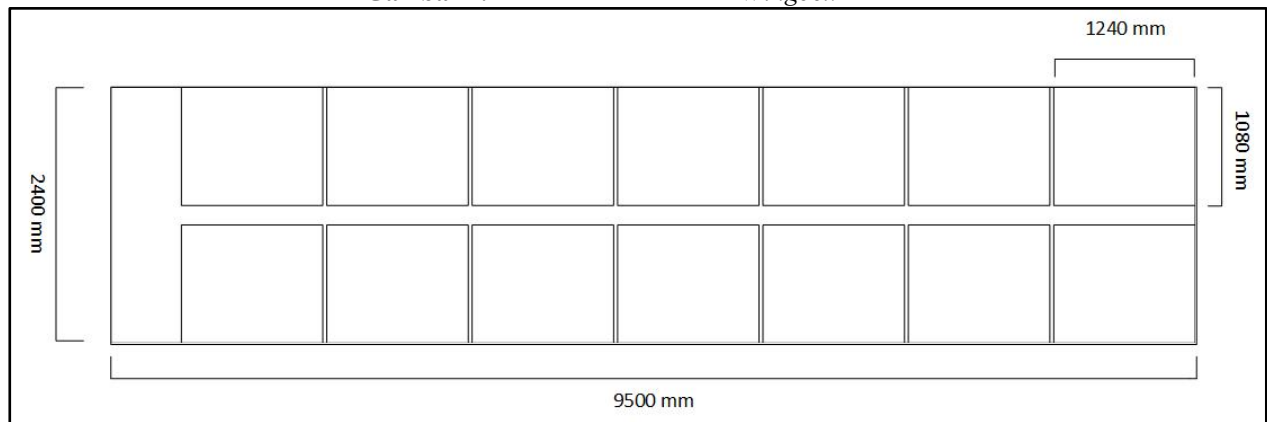
Gambar 1. Tabel Data Pengiriman Pelanggan

Data Kapasitas & Kecepatan Kendaraan

Dalam melakukan aktivitas distribusi, perusahaan menggunakan kendaraan berjenis tronton wingbox dengan kapasitas angkut sebesar 18000 Kg dan memiliki dimensi bak pengangkutan berukuran 9500mm x 2400mm x 2400mm (panjang x lebar x tinggi) [21]. Rata – rata kecepatan truk wingbox diasumsikan 30 km/jam [22].

Palet yang digunakan untuk pengangkutan barang berjenis palet kayu dengan ukuran 1240mm x 1080mm, dalam 1 truk wingbox dapat menampung hingga 14 palet. Gambar 2 merupakan gambar ilustrasi dimensi truk wingbox berisikan muatan.

Gambar 2. Ilustrasi Dimensi Truk *Wingbox* dan Palet



Data Lokasi Pelanggan & Waktu Pelayanan

Pengumpulan data lokasi pelanggan dilakukan menggunakan bantuan aplikasi google maps dengan cara mencari titik koordinat (lokasi) latitude dan longitude untuk menghitung jarak tempuh dari warehouse ke pelanggan serta untuk mengetahui kabupaten dan kecamatan setiap pelanggan. Data yang telah dikumpulkan terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Lokasi Pelanggan & Waktu Pelayanan

Nama Pelanggan	Lokasi		Jarak dari Warehouse (km)	Waktu Pelayanan	
	Kabupaten	Kecamatan		Buka	Tutup
LUMI			2.11	8:00	16:00
ISM			2.14	8:00	16:00
TRIEVA		Krian	2.86	8:00	16:00
PMI			7.07	8:00	16:00
MITRA		Balong Bendo	9.16	8:00	16:00
SMI		Gedangan	12.13	8:00	14:00
CERIA	Sidoarjo	Buduran	13.15	8:00	15:00
IPM			13.98	8:00	15:00
KARYA		Sedati	16.21	8:00	15:00
SPR			18.15	8:00	14:00
STT		Tambak Sawah	18.35	8:00	14:00
PELANGI			19.16	8:00	14:00
SPEKTRA		Waru	20.46	8:00	14:00
CITRA		Sambikerep	13.58	8:00	15:00
SIMO		Sukomanunggal	17.11	8:00	15:00
ANUGERAH		Sawahan	17.61	8:00	15:00
KSA	Surabaya	Wonocolo	17.67	8:00	16:00
SETIA		Rungkut	18.22	8:00	14:00
ALEA		Tenggilis Mejoyo	18.39	8:00	15:00
JASUMA		Kenjeran	25.73	8:00	15:00
NAPIN	Gresik	Driyorejo	4.17	8:00	15:00
INDOP	Mojokerto	Pungging	5.20	8:00	15:00
AJI		Jetis	19.44	8:00	16:00
PVT	Pasuruan	Pandaan	29.51	8:00	15:00
LAWANG	Malang	Lawang	53.71	8:00	15:00
KUK		Jatikalen	57.23	8:00	15:00
TEMPRINA	Nganjuk	Tanjung Anom	71.74	8:00	15:00
VODA	Kediri	Badas	57.46	8:00	15:00

Data Waktu Loading Unloading

Data waktu loading unloading merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses loading (muat) barang dari gudang kedalam box kendaraan dan proses unloading (bongkar) barang dari dalam box kendaraan ke pelanggan. Telah dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali pengukuran lama waktu proses loading, unloading dan administrasi (surat jalan, dsb), selanjutnya hasil dari pengukuran tersebut akan dilakukan pengujian keseragaman data dan pengujian kecukupan data.

Pengujian keseragaman dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% (nilai $k=2$), penentuan kondisi keseragaman data sebagai berikut

Hasil pengukuran waktu loading, unloading & administrasi terdapat pada tabel 2

Jika $X_{min} > BKB$ dan $X_{maks} < BKA$, maka data seragam

Jika $X_{min} < BKB$ dan $X_{maks} > BKA$, maka data tidak seragam

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat :} \quad N &= 10 \\ \Sigma X_i &= 199.35 \\ \bar{X} &= \frac{\Sigma X_i}{N} = \frac{199.35}{10} = 19.94 \end{aligned}$$

Menentukan standar deviasi waktu pengamatan :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{17.53}{9}} = 1.4$$

Uji keseragaman data waktu pengamatan :

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = \bar{X} + k.s = 19.94 + 2(1.4) = 22.74$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = \bar{X} - k.s = 19.94 - 2(1.4) = 17.14$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan bahwa seluruh data pengukuran seragam

Tabel 2. Tabel Hasil Pengukuran Waktu *Loading, Unloading & Administrasi*

Pengukuran Ke-	Waktu <i>Loading, Unloading & Administrasi</i>	$(X_i - \bar{X})^2$	X_i^2
1	20.37	0.13	415.01
2	20.32	0.09	412.76
3	19.51	0.25	380.64
4	21.58	2.46	465.70
5	20.47	0.21	419.02
6	18.12	3.56	328.43
7	19.35	0.44	374.27
8	22.45	5.94	503.92
9	19.04	0.94	362.47
10	18.14	3.49	329.16
Σ Total	199.35	17.53	3991.38

Pengujian kecukupan data dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% (nilai $k=2$) dan tingkat ketelitian 5% serta menggunakan persamaan 1 berikut :

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2}}{\Sigma X_i} \right]^2 \quad (1)$$

Dengan :

- k = Tingkat keyakinan
- s = Tingkat ketelitian
- N = Jumlah data pengamatan
- N' = Jumlah data teoritis

$$N' = \left[\frac{2/0.05 \sqrt{10(3991.38) - (39740.42)}}{199.35} \right]^2 = 6.98$$

$$N' = 6.98$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data pengamatan waktu loading unloading telah mencukupi ($N' < N$) yaitu $6.98 < 10$.

Berdasarkan perhitungan pengujian keseragaman dan kecukupan data dapat dikatakan bahwa data waktu loading unloading bisa mewakili/digunakan dalam penilitan, didapat nilai rata – rata pengukuran waktu loading unloading yaitu 19.56 Menit.

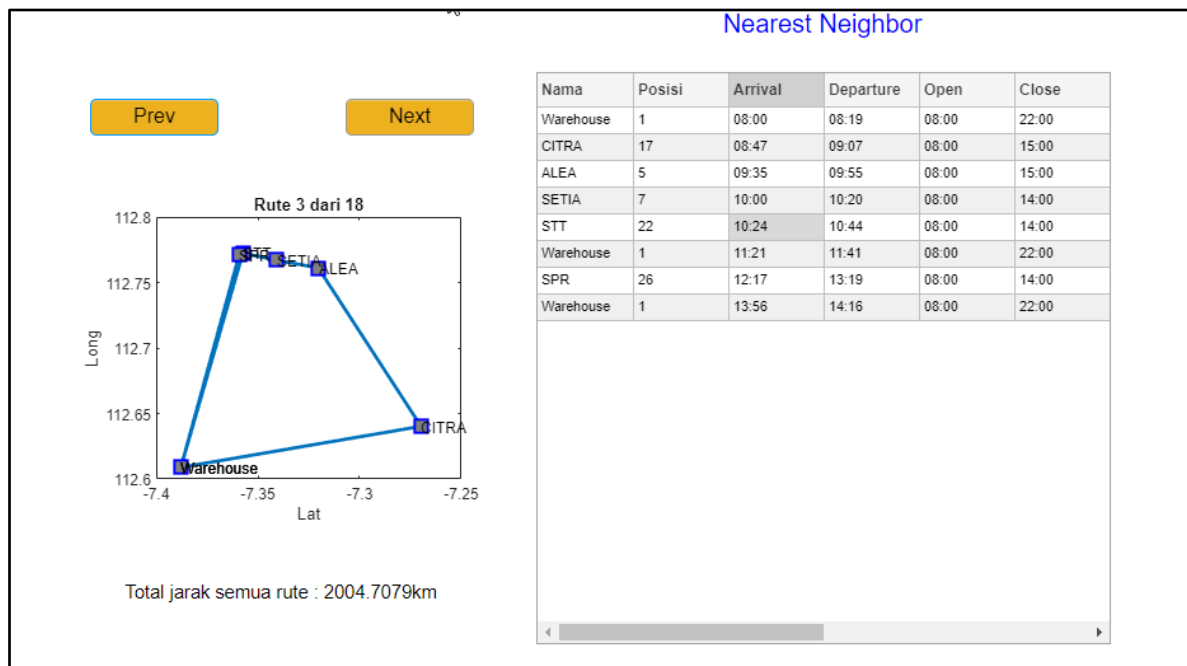
Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode algoritma *nearest neighbor* dan algoritma *sequential insertion* dengan menggunakan *software* Matlab R2021a. Dalam program Matlab yang digunakan telah diatur batasan – batasan seperti *time windows*, kapasitas angkut kendaraan dan juga ditambahkan waktu *loading unloading* pada perhitungan estimasi waktu tiba dan keberangkatan.

Salah satu hasil pengolahan data menggunakan *software* Matlab dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4

Tabel 3. Data Rute Hasil Program Matlab Algoritma *Nearest Neighbor*

Nama	Arrival	Departure	Open	Close	Jarak	Kapasitas	Order	Deliver
Warehouse	8:00	8:19	8:00	22:00	0	0	0	0
CITRA	8:47	9:07	8:00	15:00	13.58	2	2	2
ALEA	9:35	9:55	8:00	15:00	28.05	6	4	4
SETIA	10:00	10:20	8:00	14:00	30.43	8	2	2
STT	10:24	10:44	8:00	14:00	32.36	14	50	6
Warehouse	11:21	11:41	8:00	22:00	50.71	0	0	0
SPR	12:17	13:19	8:00	14:00	68.86	14	72	14
Warehouse	13:56	14:16	8:00	22:00	87.01	0	0	0



Gambar 3. Rute Hasil Program Matlab Algoritma *Nearest Neighbor*

Hasil dari simulasi pada *software* MATLAB menggunakan metode *nearest neighbor* dan metode *sequential insertion* dengan jumlah permintaan pelanggan sesuai dengan kondisi rute eksisting dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Metode Nearest Neighbor dan Metode Sequential Insertion

Minggu	Tanggal	Rute Eksisting		Rute <i>Nearest Neighbor</i>		Rute <i>Sequential Insertion</i>	
		Total Rute	Total Jarak (km)	Total Rute	Total Jarak (km)	Total Rute	Total Jarak (km)
1	3	11	734.99	7	716.78	7	692.22
	4	8	569.36	5	585.48	5	495.25
	5	9	632.38	6	667.06	5	581.98
	6	9	653.37	6	594.12	6	590.88
	7	8	603.78	5	645.00	5	605.51
2	10	11	909.30	8	1,010.23	8	876.88
	11	11	883.59	7	819.97	7	812.35
	12	12	791.93	7	845.94	7	754.49
	13	7	523.37	5	574.45	4	512.58
	14	9	773.53	5	711.37	7	711.08
3	17	10	870.18	6	778.94	7	742.91
	18	11	1,122.23	8	1,019.36	9	960.59
	19	11	860.83	7	890.63	8	839.56
	20	8	762.89	6	715.12	6	690.36
	21	7	489.57	5	617.54	5	508.36
4	24	9	696.06	5	646.18	7	686.75
	25	7	584.98	5	659.87	5	588.56
	26	9	716.76	6	670.87	6	668.77
	27	11	716.60	6	704.63	7	693.69
	28	6	461.10	4	553.98	4	418.02
	31	15	1,975.71	18	2,004.71	18	1,888.36
Total		199	16,332.51	137	16,432.22	143	15,319.15

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data hasil simulasi menggunakan metode nearest neighbor mendapatkan total jarak lebih panjang 99.7 km atau meningkat 0.61% dari rute eksisting perusahaan, sedangkan hasil simulasi menggunakan metode sequential insertion mendapatkan total jarak lebih pendek 1,013 km atau menurun 6.2% dari rute eksisting perusahaan. Total rute (jumlah kendaraan) hasil simulasi menggunakan metode nearest neighbor mendapatkan total rute lebih sedikit 67 rute atau berkurang 2.8% dari total rute eksisting perusahaan, hasil simulasi menggunakan metode sequential insertion mendapatkan total rute lebih sedikit 61 rute atau berkurang 29.9% dari total rute eksisting perusahaan. Rute usulan hasil simulasi software MATLAB menggunakan algoritma nearest neighbor dan sequential insertion telah diperhitungkan waktu perjalanan antar tujuan beserta waktu loading unloading maka diharapkan mendapatkan waktu kedatangan yang tepat sesuai dengan waktu pelayanan pelanggan.

REFERENSI

- [1] G. E. R. Tirajoh, S. L. Mandey, and J. G. Poluan, "ANALISIS SALURAN DISTRIBUSI PADA PT.HASJRAT ABADI CABANG AIRMADIDI DI MINAHASA UTARA DISTRIBUTION CHANNEL ANALYSIS AT PT.HASJRAT ABADI AIRMADIDI BRANCH IN UTARA MINAHASA," 2021.
- [2] R. F. Firjatullah *et al.*, "OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI PRODUK TANGKI BAHAN BAKAR DENGAN ANALISIS BULLWHIP EFFECT METODE NEAREST INSERT DAN NEAREST NEIGHBOR DI PT XYZ," 2021.

- [3] D. Fitria, A. Mulyono, V. Martah, and U. Maarif Hasyim Latif, "TOKO SAERA WARU SIDOARJO," vol. 4, no. 2, p. p, 2021.
- [4] C. Lestari and R. P. Sari, "Optimalisasi Waktu Produksi, Jumlah Produksi, Dan Jalur Distribusi Pada Outlet Lazatto di Karawang," *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 23, no. 1, pp. 69–81, Jan. 2021, doi: 10.32734/jsti.v23i1.4908.
- [5] P. A. Wardhana, R. Aurachman, and B. Santosa, "PENENTUAN RUTE ARMADA PENGIRIMAN PT.AAA MENGGUNAKAN ALGORITMA TWO-PHASE TABU SEARCH PADA VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH HETEROGENEOUS FLEET AND TIME WINDOWS UNTUK MENGATASI KETERLAMBATAN PENGIRIMAN," *JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI*, vol. 6, no. 2, 2019, doi: 10.24853/jisi.6.2.135-143.
- [6] A. Sovia Pramudita, "USULAN RUTE DISTRIBUSI SEBAGAI UPAYA MENCAPAI KEUNGGULAN KOMPETITIF MELALUI EFISIENSI BIAYA TRANSPORTASI PT POS INDONESIA," *Jurnal Logistik Bisnis*, vol. 09, no. 2, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/index>
- [7] M. Stivandry, W. Syofrinaldy Noor, R. Aurachman, P. Giri, and A. Kusuma, "PERANCANGAN RUTE KENDARAAN UNTUK SURAT KABAR PIKIRAN RAKYAT MENGGUNAKAN MODEL VEHICLE ROUTING PROBLEM HOMOGENEOUS FLEET SIZE UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA PERJALANAN DESIGN VEHICLE ROUTES FOR PIKIRAN RAKYAT NEWSPAPER USING HOMOGENEOUS FLEET SIZE VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE TRAVEL COSTS," vol. 8, no. 5, 2021.
- [8] V. Windya and S. Saptadi, "PEMILIHAN RUTE TERPENDEK DALAM PROSES DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE VRP DENGAN ALGORITMA GENETIKA DI PT. TIRTA INVESTAMA DANONE AQUA," 2019.
- [9] A. Perwira Redi *et al.*, "Simulated annealing algorithm for solving the capacitated vehicle routing problem: a case study of pharmaceutical distribution," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 4, pp. 41–49, 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i1.2115.
- [10] D. Moriza, H. Adiyanto, and Y. Nurdiansyah, "RUTE PENDISTRIBUSIAN AIR MINERAL DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE NEAREST NEIGHBOUR DAN BRANCH AND BOUND DI PT. AGRONESIA BMC *," 2016.
- [11] D. B. Paillin and E. Wattimena, "PENERAPAN ALGORITMA SEQUENTIAL INSERTION DALAM PENDISTRIBUSIAN BBM DI KAWASAN TIMUR INDONESIA (STUDI KASUS PADA PT. PERTAMINA UPMS VIII TERMINAL TRANSIT WAYAME-AMBON)," *ARIKA*, vol. 09, no. 1, 2015.
- [12] D. Ayu and P. Putri, "Vehicle Routing Problem Dengan Time Window Untuk Multiple Product Dan Multiple Route Menggunakan Algoritma Sequential Insertion," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 17, no. 1, pp. 22–30, 2016.
- [13] Y. P. Larici and F. W. Abdul, "Ketepatan Pengaruh Manajemen Logistik Terhadap Tingkat Kepuasan Pelanggan PT. Bhinneka Bajanas Cabang Cikarang," *Jurnal Logistik Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 101–110, Oct. 2019.
- [14] D. Angesti *et al.*, "PERENCANAAN BARANG LOGISTIK NON MEDIK DI SUB BAGIAN PPTK RUMAH SAKIT UMUM DAERAH LEUWILIANG KABUPATEN BOGOR PROVINSI JAWA BARAT TAHUN 2019," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/PROMOTOR>
- [15] Mikael Hang Suryanto, *Sistem Operasional Manajemen Distribusi*. Jakarta: Grasindo, 2016.
- [16] R. Ghifary, G. W. Subagyo, and R. Arbaningrum, "Optimasi Site Layout Batching Plant (Studi Kasus Batching Plant PT. Adhimix Precast Daerah Serpong)," 2021. [Online]. Available: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi>
- [17] I. Gusti Agung Wisudawan, B. Sutrisno, and D. Ade Mulada, "OPTIMASI PENGAWASAN OLEH OTORITAS JASA KEUANGAN DI BIDANG PASAR MODAL MENURUT HUKUM POSITIF DI INDONESIA," 2021. [Online]. Available: <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- [18] R. N. Devita and A. P. Wibawa, "Sains, Aplikasi, Komputasi dan Teknologi Informasi Teknik-teknik optimasi knapsack problem," vol. 2, no. 1, p. 35, 2020.
- [19] M. Faris Mas'ud, I. Cholissodin, and W. F. Mahmudy, "Optimasi Algoritme Genetika Untuk Memaksimalkan Laba Pembangunan Perumahan," 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [20] T. Febrianti and E. Harahap, "Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear The Use of MATLAB Applications in Linear Programming Learning," *Jurnal Matematika*, vol. 20, no. 1, 2021.
- [21] M. Mufid Siraj and Y. Puji Astuti, "MENGGUNAKAN METODE CLARK AND WRIGHT SAVING HEURISTIC," 2020.
- [22] I. Akbar, M. N. Ardiansyah, P. Giri, and A. Kusuma, "PERANCANGAN RUTE PENGIRIMAN MENGGUNAKAN MODEL INTEGER LINEAR PROGRAMMING UNTUK MEMINIMASI TINGKAT KETERLAMBATAN PENGIRIMAN DAN BIAYA TRANSPORTASI (STUDI KASUS: PT. POS

LOGISTIK INDONESIA) DESIGNING DELIVERY ROUTE USING INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODEL TO MINIMIZE DELAY OF SHIPPING AND TRANSPORTATION COSTS (CASE STUDY: PT. POS LOGISTICS INDONESIA),” *Agustus*, vol. 8, no. 4, p. 4028, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.