

Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* dan Algoritma *Evolutionary* (Studi Kasus PT. XYZ)

Olga Virly Juwita^{1*}, Bellachintya Reira Christata², Rangga Primadasa³

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Muria Kudus

Jalan Lingkar Utara, Gondangmanis, Bae, Kudus

Email: olgavirlyjuwita@gmail.com, bellachintya.reira@umk.ac.id, rangga.primadasa@umk.ac.id

* Corresponding Author

ABSTRAK

Distribusi merupakan elemen penting dalam rantai pasok yang secara langsung memengaruhi efisiensi biaya operasional, ketepatan waktu pengiriman, serta kepuasan pelanggan. PT XYZ mengalami kendala dalam sistem distribusinya karena penentuan rute masih dilakukan secara manual berdasarkan intuisi *dispatcher*, tanpa mempertimbangkan faktor jarak tempuh, kapasitas kendaraan, maupun efisiensi biaya. Hal ini berdampak pada tingginya total jarak distribusi, ketidakseimbangan beban kerja pengemudi, serta meningkatnya biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi dengan mengusulkan pendekatan *hybrid* yang menggabungkan algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* dan algoritma *Evolutionary* dengan bantuan *Excel Solver*. Algoritma *Clarke and Wright* digunakan untuk membentuk rute distribusi berdasarkan nilai penghematan terbesar dengan tetap memperhatikan kapasitas kendaraan, sementara algoritma *Evolutionary* diterapkan untuk mengoptimalkan urutan kunjungan pelanggan pada setiap rute agar total jarak tempuh dapat diminimalkan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu menghasilkan enam rute distribusi dengan total jarak tempuh sebesar 516,7 km, lebih rendah dibandingkan rute awal sebesar 1.122 km, sehingga terjadi penghematan jarak sebesar 53,9%. Selain itu, biaya distribusi juga menurun dari Rp1.054.167 menjadi Rp344.122 per hari atau berkurang sebesar 67,36%. Pengurangan jumlah rute dari sembilan menjadi enam juga menunjukkan peningkatan pemanfaatan armada, dengan potensi penggunaan tiga kendaraan untuk keperluan lain. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid* yang diterapkan efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi serta memberikan manfaat praktis bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan operasional terkait optimasi rute distribusi.

Kata kunci: Algoritma *Evolutionary*, *Capacitated Vehicle Routing Problem*, *Clarke and Wright Saving Heuristic*, Distribusi, Optimasi Rute, *Traveling Salesman Problem*.

ABSTRACT

Distribution is a critical component of the supply chain that directly influences operational cost efficiency, delivery timeliness, and customer satisfaction. PT XYZ is currently facing challenges in its distribution system, as route determination is still conducted manually based on dispatcher intuition without considering travel distance, vehicle capacity, and cost efficiency. This condition leads to excessive total travel distance, uneven driver workloads, and increased operational costs. This study aims to optimize distribution routes by proposing a hybrid approach that integrates the *Clarke and Wright Saving Heuristic* algorithm and the *Evolutionary* algorithm using *Excel Solver*. The *Clarke and Wright* algorithm is applied to construct distribution routes based on the highest savings value while considering vehicle capacity constraints, whereas the *Evolutionary* algorithm is employed to optimize the sequence of customer visits within each route to minimize total travel distance. This study adopts a quantitative approach, with data collected through observation, interviews, and literature review. The results indicate that the proposed method generates six distribution routes with a total travel distance of 516.7 km, significantly lower than the existing routes of 1,122 km, resulting in a distance reduction of 53.9%. In addition, distribution costs decrease from IDR 1,054,167 to IDR 344,122 per day, achieving cost savings of 67.36%. The reduction in the number of routes from nine to six also indicates improved fleet utilization, with the potential reallocation of three vehicles for other operational activities. These findings demonstrate that the proposed hybrid approach effectively enhances distribution efficiency and provides practical contributions to operational decision-making in distribution route optimization.

Keywords: *Capacitated Vehicle Routing Problem*, *Clarke and Wright Saving Heuristic*, *Distribution*, *Evolutionary Algorithm*, *Route Optimization*, *Traveling Salesman Problem*.

I. PENDAHULUAN

Manajemen rantai pasok adalah distribusi, karena berperan dalam memastikan produk dapat sampai ke pelanggan secara tepat waktu, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan. Dengan sistem yang tepat, maka akan tercapai strategi distribusi yang efektif dan efisien (Yusnindi & Handayani, 2022). Dalam pendistribusian produk, biaya yang dikeluarkan tidaklah sedikit sehingga perlu pengaturan yang tepat (Raharjo et al., 2015). Tanpa adanya pola distribusi yang tepat, proses pengiriman dapat menjadi tidak efisien, sehingga meningkatkan biaya operasional, memperpanjang waktu pengiriman, dan berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan.. Menurut (Dewi et al., 2020), biaya transportasi merupakan pengeluaran yang timbul dalam proses pemindahan barang atau penumpang dari satu lokasi ke lokasi lain, yang mencakup berbagai komponen seperti bahan bakar, tenaga kerja, pemeliharaan kendaraan, serta biaya operasional lainnya.

Pada PT.XYZ, penentuan rute pengiriman dan muatan ditentukan seorang *dispatcher* hanya melalui intuisi sesuai dengan wilayah *outlet* yang akan dilalui oleh *deliveryman*. Tugas seorang *deliveryman* harus mengirim produk kepada pelanggan sesuai dengan wilayah yang telah ditentukan *dispatcher* dengan hanya mengandalkan daftar tempat atau toko yang akan dikunjungi tanpa memperhatikan masalah efektivitas jarak yang ditempuh. Hal ini berpengaruh pada jam kerja *deliveryman* yang tidak menentu, tak jarang beberapa *deliveryman* pulang lebih larut dibanding yang lain karena jarak rute dan jumlah *outlet* yang lebih banyak dari yang lain. Selain itu, kurangnya pemanfaatan kapasitas alat angkut secara maksimal memberikan dampak terhadap biaya distribusi yang kurang optimal.

Berdasarkan data yang dimiliki perusahaan selama periode 25 – 30 November 2024, didapatkan bahwa dengan sembilan rute pengirim total jarak distribusi mencapai 1.122 km dan biaya bahan bakar sebesar Rp6.325.000 atau rata – rata Rp1.054.167 per hari. Selain itu, diketahui bahwa beberapa *deliveryman* menyelesaikan pekerjaan lebih lambat karena adanya ketidakseimbangan pembagian rute. Permasalahan dalam penentuan rute distribusi kendaraan dengan berbagai batasan tertentu disebut *Vehicle Routing Problem* (VRP) (Engraini et al., 2020). VRP tergolong termasuk dalam kategori NP-Hard Problem, yang berarti bahwa permasalahan tersebut sulit untuk diselesaikan secara optimal dalam waktu komputasi yang efisien, terutama ketika ukuran masalah semakin besar. Oleh karena itu, metode heuristik menjadi solusi paling baik dalam penyelesaian *NP-Hard Problem* (Kumar & Panneerselvam, 2012).

Algoritma *Clarke-Wright* (*Clarke-Wright Savings Method*) diperkenalkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964 sebagai pendekatan untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu, maupun biaya dengan tetap memperhatikan berbagai kendala yang ada. Metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* termasuk dalam kategori *construction method*, yaitu pendekatan yang membangun solusi secara bertahap dengan menambahkan elemen atau pelanggan satu per satu berdasarkan kriteria tertentu, dalam hal ini nilai penghematan (*savings*). (Kusuma & Sumiati, 2020). Dalam penelitian ini, Microsoft Excel Solver juga dimanfaatkan untuk membantu menentukan urutan kunjungan pada setiap lokasi. Proses penyelesaiannya menggunakan *Evolutionary Algorithm* (EA), karena metode ini mampu memberikan pendekatan solusi yang baik serta memiliki kemampuan konvergensi yang cukup optimal. (Christata & Primadasa, 2023).

Algoritma *Clarke-Wright* (*Clarke-Wright Savings Method*) dipilih karena mampu menangani permasalahan CVRP secara efisien dengan membentuk rute berdasarkan nilai penghematan terbesar, sehingga tepat digunakan untuk proses pengelompokan pelanggan ke dalam rute distribusi kendaraan. Namun, metode ini belum tentu menghasilkan urutan kunjungan yang paling optimal pada setiap rute yang terbentuk. Oleh karena itu, algoritma *Evolutionary* diterapkan sebagai tahap optimasi lanjutan, karena dinilai efektif dalam menyelesaikan permasalahan kombinatorial seperti TSP. Dari uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan menemukan rute optimal distribusi di PT. XYZ dengan metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* serta Algoritma *Evolutionary* untuk meminimalkan jarak dan biaya.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif karena berorientasi pada perhitungan total jarak distribusi dan biaya operasional yang timbul dari hasil penelitian. Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan, penentuan tujuan serta batasan penelitian, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan kajian pustaka. Pada tahap pertama, algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* digunakan untuk mengelompokkan pelanggan ke dalam rute distribusi berdasarkan kapasitas kendaraan. Selanjutnya, algoritma *Evolutionary* diterapkan untuk menentukan urutan kunjungan pelanggan pada masing-masing rute agar diperoleh total jarak tempuh yang minimum.

2.1 *Traveling Salesman Problem* (TSP)

Traveling Salesman Problem (TSP) k menemukan rute terpendek bagi seorang salesman yang harus mengunjungi sejumlah kota tepat sekali dan kembali ke kota asal.. (Yunus et al., 2015). *Traveling Salesman Problem* (TSP) dapat dimodelkan sebagai berikut (Paillin & Tupan, 2018) :

C_{ij} = Jarak antar pelanggan i ke j dimana $i, j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$
 $X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Jika terdapat perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \\ 0, & \text{Jika tidak ada perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \end{cases}$

Fungsi tujuan dari TSP adalah :

$$\text{Minimasi } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Dimana terdapat batasan kendala,

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (3)$$

Kedua batasan tersebut berarti bahwa setiap lokasi hanya dapat dikunjungi tepat satu kali tanpa adanya pengulangan.

2.2 Clarke and Wright Saving Methods

Algoritma *Clarke-Wright Savings* merupakan heuristik konstruksi untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan memaksimalkan penghematan jarak saat menggabungkan rute distribusi dari depot (Hartien et al., 2021). Metode ini kerap dimanfaatkan untuk mengatasi persoalan yang cukup rumit, khususnya ketika jumlah rute sangat banyak. Penyelesaian masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan algoritma *Clarke-Wright* dilakukan melalui tahapan-tahapan yang diadaptasi sebagai berikut. (Octora et al., 2019) :

Langkah 1 : Menetapkan data pelanggan, besaran permintaan, serta kapasitas kendaraan sebagai input yang diperlukan.

Langkah 2 : Menyusun matriks jarak antara depot dengan pelanggan, serta antar pelanggan.

Langkah 3 : Menghitung nilai penghematan (saving) menggunakan rumus yang tersedia.

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad (4)$$

Langkah 4 : Mengurutkan pasangan pelanggan berdasarkan nilai saving pada matriks penghematan, mulai dari yang terbesar hingga terkecil. Tahap ini merupakan proses iterasi pada matriks penghematan. Jika nilai saving tertinggi berada pada titik i dan j , maka baris i dan kolom j dieliminasi, kemudian i dan j digabungkan ke dalam satu rute. Proses ini berlanjut hingga iterasi terakhir, dan akan berhenti ketika seluruh entri pada baris dan kolom telah terpilih.

Langkah 5 : Membentuk rute awal ($t = 1$).

Langkah 6 : Menentukan pelanggan pertama dalam rute dengan memilih pasangan pelanggan yang memiliki nilai saving terbesar.

Langkah 7 : Hitung total permintaan pelanggan terpilih. Jika di bawah kapasitas, lanjut langkah 8; jika lebih, ke langkah 9.

Langkah 8 : Tambah pelanggan dari saving terbesar, ulangi langkah 7.

Langkah 9 : Buang pelanggan terakhir jika melebihi, lanjut langkah 10.

Langkah 10 : Finalisasi rute ke- t . Jika pelanggan tersisa, ke langkah 11.

Langkah 11 : Buat rute $t+1$, kembali ke langkah 6.

Langkah 12 : Stop saat semua pelanggan terlayani..

2.3 Excel Solver

Excel Solver merupakan suatu *add-in* (tambahan) yang ada dalam *Software Microsoft Excel* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis "what-if" dan optimasi dengan *spreadsheet* (Rosita et al., 2021). *Excel Solver* diperkenalkan pada tahun 1991 yang dirancang untuk menjadi suatu alat optimasi dengan integrasi yang mulus dengan *Microsoft Excel* untuk membangun model optimasi secara langsung lewat *spreadsheet* tanpa perlu alat tambahan lain (Fylstra et al., 1998).

Dalam penelitian ini, digunakan Algoritma *Evolutionary* untuk menentukan solusi terbaik atau mendekati optimal dalam proses optimasi, khususnya dalam menyusun urutan kunjungan pada rute dengan tujuan meminimalkan total jarak tempuh atau biaya. Algoritma *Evolutionary* merupakan metode optimasi berbasis proses evolusi biologis yang meniru mekanisme seleksi alam, reproduksi, dan mutasi untuk menghasilkan solusi yang semakin baik dari generasi ke generasi hingga mendekati solusi optimal. (Susilawati et al., 2016). Teori Darwin merupakan teori yang menjadi inspirasi dari Algoritma *Evolutionary* dimana jika terdapat suatu populasi individu dengan keterbatasan sumber daya, maka akan ada kompetisi yang mengakibatkan seleksi alam sehingga menyebabkan kemunculan populasi dengan individu paling kuat yang bertahan (*survival of the fittest*) (Eiben & Smith, 2015).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek dari penelitian ini adalah kegiatan pendistribusian produk minuman yang didistribusikan oleh PT. XYZ. Kegiatan distribusi dilakukan di 97 desa di Kota Kudus dengan jumlah 296 *outlet*, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Konsumen

Kode	Desa	Outlet	Cases	Kode	Desa	Outlet	Cases
1	Bakalan	7	26	51	Golantepus	3	4
2	Garung Kidul	3	15	52	Gulang	1	15
3	Garung Lor	2	8	53	Hadiwarno	2	25
4	Kaliwungu	2	7	54	Jepang	3	6
5	Karangampel	3	15	55	Kesambi	1	4
6	Kedungdowo	2	11	56	Kirig	3	16
7	Mijen	3	13	57	Mejobo	9	40
8	Prambatan Kidul	5	17	58	Temulus	2	8
9	Prambatan Lor	3	14	59	Tengeges	2	11
10	Sidorekso	4	11	60	Bulung Kulon	1	3
11	Demaan	2	4	61	Gondoharum	2	12
12	Barongan	5	30	62	Hadipolo	3	142
13	Burikan	2	14	63	Honggosoco	2	11
14	Damaran	3	14	64	Jekulo	4	45
15	Demangan	2	6	65	Klaling	2	75
16	Janggalan	5	14	66	Pladen	2	6
17	Kajeksan	1	12	67	Terban	2	4
18	Kaliputu	3	9	68	Tanjungrejo	2	13
19	Kerjasan	5	50	69	Bacin	4	35
20	Kramat	2	14	70	Bae	2	6
21	Krandon	2	16	71	Dersalam	2	7
22	Langgardalem	5	38	72	Gondangmanis	7	43
23	Mlati Kidul	3	7	73	Karangbener	2	10
24	Mlati Lor	1	2	74	Ngembalrejo	2	3
25	Mlati Norowito	3	22	75	Panjang	5	35
26	Nganguk	3	7	76	Pedawang	3	10
27	Panjunan	4	10	77	Peganjuran	3	15
28	Purwosari	1	2	78	Purworejo	2	6
29	Rendeng	3	6	79	Cendono	2	105
30	Singocandi	4	43	80	Colo	7	98
31	Wergu Wetan	1	29	81	Kajar	1	5
32	Getas Pejaten	14	75	82	Kandangmas	2	11
33	Jati Kulon	9	123	83	Margorejo	2	27
34	Jati Wetan	4	19	84	Piji	3	8
35	Jepang Pakis	1	3	85	Puyoh	1	18
36	Loram Wetan	5	45	86	Rejosari	1	1
37	Loram Kulon	1	6	87	Samirejo	1	14
38	Megawon	1	1	88	Besito	1	12
39	Pasuruhan Lor	8	48	89	Getasrabi	1	20
40	Ploso	6	20	90	Gondosari	7	53
41	Tanjung Karang	3	14	91	Gribig	4	26

Tabel 1. Data Konsumen (Lanjutan)

Kode	Desa	Outlet	Cases	Kode	Desa	Outlet	Cases
42	Glagahwaru	2	43	92	Jurang	4	8
43	Kalirejo	4	15	93	Karangmalang	3	12
44	Kutuk	1	10	94	Kedungsari	4	49
45	Lambangan	1	52	95	Menawan	2	20
46	Medini	2	9	96	Padurenan	2	18
47	Ngemplak	1	12	97	Rahtawu	6	30
48	Undaan Kidul	2	5				
49	Undaan Tengah	1	33				
50	Wates	4	12				

3.1 Biaya Bahan Bakar

Dalam aktivitas distribusi pada PT. XYZ, bahan bakar yang digunakan adalah pertalite dengan harga Rp 10.000 per liter yang dapat digunakan untuk 15 km perjalanan. Hal ini berarti dikeluarkan biaya sebesar Rp 666, dalam 1 km perjalanan yang ditempuh. Dari data yang telah dikumpulkan, selama tanggal 25 – 30 November 2024 biaya distribusi yang dikeluarkan sebesar Rp 6.325.000. Hal ini berarti, PT. XYZ mengeluarkan biaya sebesar Rp 1.054.167 setiap harinya.

3.2 Waktu Distribusi

Sebelum proses distribusi dilakukan, diperlukan waktu setup kendaraan selama 15 menit untuk memanaskan mesin serta melakukan pengecekan kelengkapan kendaraan. Proses pemuatan (loading) sebanyak 349 cases dari gudang ke armada membutuhkan waktu 30 menit dengan bantuan forklift, sehingga waktu loading per 1 case adalah sekitar 0,086 menit atau 5,16 detik. Sementara itu, proses pembongkaran (unloading) untuk 33 cases memerlukan waktu 3 menit, sehingga waktu bongkar per 1 case adalah sekitar 0,091 menit atau 5,45 detik. Dalam kegiatan distribusi, kendaraan memiliki kecepatan rata-rata 50 km/jam yang setara dengan waktu tempuh 1,2 menit untuk setiap 1 km perjalanan.

3.3 Matriks Jarak

Untuk menentukan jarak antar lokasi, digunakan bantuan dari *google maps* dengan memasukkan lokasi awal dan lokasi tujuan keberangkatan. Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan dalam matriks jarak seperti yang dicontohkan dalam Tabel 2 dengan 0 sebagai titik awal pendistribusian produk yaitu, PT. XYZ.

Tabel 2. Matrik Jarak

	0	1	2	3	4	5	...	97
0	0						...	
1	6,1	0					...	
2	0,45	5,7	0				...	
3	3,4	3,1	3	0			...	
4	5,3	8,2	4,9	5,5	0		...	
5	4,3	4	3,9	0,9	4,6	0	...	
...	
97	24,4	20	23,2	21,2	21,4	20	...	0

3.4 Matriks Penghematan

Matriks penghematan dicari dengan persamaan (4) untuk mengetahui seberapa besar penghematan yang didapatkan antar lokasi. Sebagai contoh, perhitungan matriks penghematan dari lokasi 1 ke lokasi 2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S(1,2) &= J(0,1) + J(0,2) - J(1,2) \\
 &= (6,1) + (0,45) - (5,7) \\
 &= 5,8
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan penghematan akan dimasukkan ke dalam tabel matriks penghematan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Penghematan

	1	2	3	4	5	...	97
1	0					...	
2	5,8	0				...	
3	9	2,4	0			...	
4	5,8	6	1,8	0		...	
5	9	2,4	6	2,1	0	...	
...	
97	5,7	3	5,5	4,6	5	...	0

3.5 Pengelompokkan Rute dengan Clarke and Wright Algorithm

Dari seluruh iterasi yang telah dilakukan, didapatkan 6 usulan rute distribusi baru yang didapatkan dengan algoritma *Clarke and Wright Savings*. Kelompok rute usulan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Pengelompokkan Rue

No.	Armada	Rute	Outlet	Demand (cases)
1	CDE 1	74,76,71,61,62,77,72,67,70,90,68,75,69,73,49,48,50,58,81,82,86,52,60,78,63,64,65,66,59,57,51	87	679
2	<i>Pick Up</i> 1	43,41,42,56,10,35,11,12,31,53,36,44,28,55,24,30	40	362
3	<i>Pick Up</i> 2	91,46,87,83,84,85,88,89,93,94,95,96,54,47,38,97,92	41	339
4	<i>Pick Up</i> 3	37,34,79,80,1,3,5,9,6,4,23	36	370
5	<i>Pick Up</i> 4	40,45,13,18,15,27,7,26,32,39, 14,21,16,22,20	63	333
6	<i>Pick Up</i> 5	2,8,19,17,18,29,25,33	29	245
Total			296	2328

Dari Tabel 4, diketahui didapatkan total 6 rute usulan dengan algoritma *Clarke and Wright Savings*. Rute distribusi 1 menggunakan armada truk CDE 1 untuk 87 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 679 cases. Rute distribusi 2 menggunakan armada *pick up* 1 untuk 40 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 362 cases. Rute distribusi 3 menggunakan armada *pick up* 2 untuk 41 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 339 cases. Rute distribusi 4 menggunakan armada *pick up* 3 untuk 36 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 370 cases. Rute distribusi 5 menggunakan armada *pick up* 4 untuk 63 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 333 cases. Rute distribusi 6 menggunakan armada *pick up* 1 untuk 29 outlet dengan total produk yang dibawa sebanyak 245 cases.

3.6 Penentuan Rute Kunjungan

Berdasarkan pengelompokkan rute yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan penentuan rute kunjungan. Dalam penelitian ini, penentuan rute kunjungan akan dihitung menggunakan bantuan *Excel Solver*.

Langkah 1: Membuat matriks jarak

Tabel 5. Matriks Jarak *Excel Solver*

	0	2	8	17	18	19	25	29	33
0	0	0,5	4,4	6	8,5	5,6	9,1	8,3	4,9
2	0,5	0	4	5,6	8,1	5,2	8,8	8,2	5,9
8	4,4	4	0	2,5	5	2,1	5,6	4,8	3,5
17	6	5,6	2,5	0	2,5	2	3,7	2,8	4,4
18	8,5	8,1	5	2,5	0	3,2	3	2	5,1
19	5,6	5,2	2,1	2	3,2	0	4,8	3,7	3,7
25	9,1	8,8	5,6	3,7	3	4,8	0	1,5	5
29	8,3	8,2	4,8	2,8	2	3,7	1,5	0	5,9
33	4,9	5,9	3,5	4,4	5,1	3,7	5	5,9	0

Dari kelompok rute yang telah ditentukan sebelumnya, selanjutnya dibuatlah matriks jarak. Contoh matriks jarak untuk Rute 6 dapat dilihat pada Tabel 5.

Langkah 2: Membuat Fungsi Tujuan

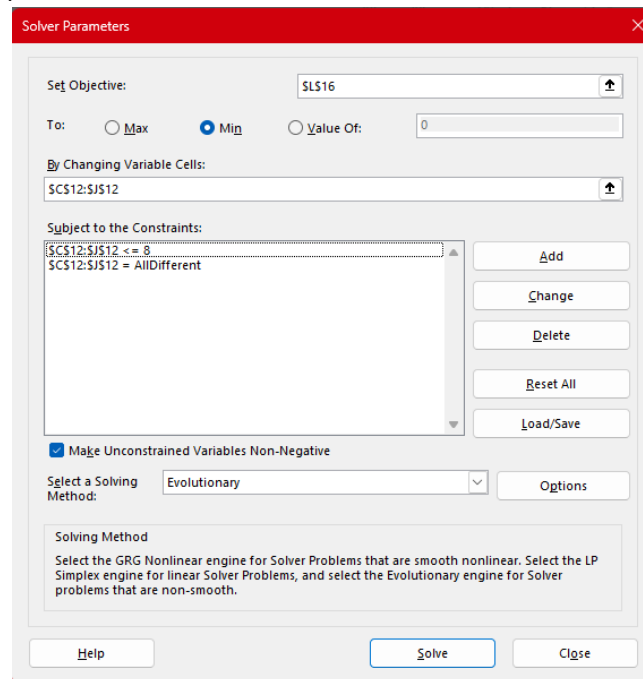
Selanjutnya dibuat fungsi tujuan dengan menggunakan bantuan kolom untuk menghitung jarak. Dalam perhitungan jarak, digunakan bantuan fungsi index lalu jarak akan dijumlah menggunakan fungsi *sum*, yang dapat dilihat pada Gambar 1.

	0	2	8	17	18	19	25	29	33
0	0	0,45	4,4	6	8,5	5,6	9,1	8,3	4,9
2	0,45	0	4	5,6	8,1	5,2	8,8	8,2	5,9
8	4,4	4	0	2,5	5	2,1	5,6	4,8	3,5
17	6	5,6	2,5	0	2,5	2	3,7	2,8	4,4
18	8,5	8,1	5	2,5	0	3,2	3	2	5,1
19	5,6	5,2	2,1	2	3,2	0	4,8	3,7	3,7
25	9,1	8,8	5,6	3,7	3	4,8	0	1,5	5
29	8,3	8,2	4,8	2,8	2	3,7	1,5	0	5,9
33	4,9	5,9	3,5	4,4	5,1	3,7	5	5,9	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	0
=IN	4	2,5	2,5	3,2	4,8	1,5	5,9	4,9	29,8

Gambar 1. Fungsi Tujuan

Langkah 3: Membuat Model Matematis

Dalam pemodelan matematis pada *Excel Solver* digunakan fitur *Solver* yang dapat ditemukan pada *Data-Solver*.



Gambar 2. Solver Parameter

Pada *Solver Parameter*, isikan fungsi tujuan yang telah ditentukan pada *form 'set objective'*, pada VRP tujuan yang ingin dicapai adalah untuk meminimumkan jarak, sehingga *objective* dipilih *Min*. Pada bagian *constraint*, isikan dengan batasan – batasan yang ada. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, batasan pertama yaitu bahwa jumlah lokasi yang akan dikunjungi berjumlah 8, maka tujuan distribusi tidak boleh melebihi 8 lokasi. Pada batasan kedua, tiap titik pengantaran hanya akan dilewati tepat satu kali maka dapat dipilih *AllDifferent*. Pada bagian metode, dipilih metode *Evolutionary* karena diinginkan hasil yang maksimal. Setelah semua bagian terisi, klik bagian *solve* untuk memulai perhitungan, yang dapat dilihat pada Gambar 3.

	0	2	8	17	18	19	25	29	33	
0	0	0,45	4,4	6	8,5	5,6	9,1	8,3	4,9	
2	0,45	0	4	5,6	8,1	5,2	8,8	8,2	5,9	
8	4,4	4	0	2,5	5	2,1	5,6	4,8	3,5	
17	6	5,6	2,5	0	2,5	2	3,7	2,8	4,4	
18	8,5	8,1	5	2,5	0	3,2	3	2	5,1	
19	5,6	5,2	2,1	2	3,2	0	4,8	3,7	3,7	
25	9,1	8,8	5,6	3,7	3	4,8	0	1,5	5	
29	8,3	8,2	4,8	2,8	2	3,7	1,5	0	5,9	
33	4,9	5,9	3,5	4,4	5,1	3,7	5	5,9	0	
	0	8	6	7	4	3	5	2	1	0
	4,9	5	1,5	2	2,5	2	2,1	4	0,5	24,5

Gambar 3. Hasil Solver

Pada Gambar 3, didapatkan hasil rute kunjungan dengan *Excel Solver* yaitu 0-33-25-29-18-17-19-8-2-0 dengan total jarak 24,5 km. Dari seluruh perhitungan terdapat seluruh kelompok rute dengan bantuan *Excel Solver*, didapatkan rute kunjungan yang terbentuk pada Tabel 6.

Tabel 6. Rute Terbentuk

Rute	Rute Terbentuk	Jarak
Rute 1	0-48-50-49-52-57-58-51-59-62-65-61-67-66-60-64-68-63-86-82-81-72-70-73-74-71-76-69-78-75-77-90-0	167,85
Rute 2	0-10-28-30-12-11-31-24-35-36-53-56-41-44-42-43-0	93
Rute 3	0-93-88-92-87-83-84-85-97-95-94-96-89-91-38-54-47-46-0	114,8
Rute 4	0-6-4-5-3-9-1-79-80-23-37-34-0	58,15
Rute 5	0-7-16-15-22-14-21-26-13-20-27-40-32-45-39-0	58,4
Rute 6	0-33-25-29-18-17-19-8-2-0	24,5
	Total	516,7

Dari Tabel 6, diketahui bahwa dari 6 rute yang terbentuk menggunakan *excel solver* didapatkan total jarak 516,7 km

3.7 Waktu Penyelesaian Rute

Untuk mengetahui waktu penyelesaian rute, maka dibuat perhitungan berdasarkan aktivitas – aktivitas selama distribusi. Perhitungan waktu penyelesaian rute dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini. Diketahui bahwa pada rute 1 dibutuhkan waktu 336,603 menit atau 5 jam 36,6 menit untuk menyelesaikan rute distribusi. Pada rute 2 dibutuhkan waktu 190,674 menit atau 3 jam 10,8 menit untuk menyelesaikan rute distribusi. Pada rute 3 dibutuhkan waktu 212,763 menit atau 3 jam 32,4 menit untuk menyelesaikan rute distribusi. Pada rute 4 dibutuhkan waktu 150,27 menit atau 2 jam 30 menit untuk menyelesaikan rute distribusi. Pada rute 5 dibutuhkan waktu 144,021 menit atau 2 jam 24 menit untuk menyelesaikan rute distribusi. Pada rute 6 dibutuhkan waktu 87,765 menit atau 1 jam 27,6 menit untuk menyelesaikan rute distribusi.

Tabel 7. Waktu Penyelesaian Rute

No.	Rute	Aktivitas	Permintaan (<i>cases</i>)	Waktu (menit)	Total Waktu (menit)
1.	Rute 1	Set up	679	15	336,603
		Loading		58,394	
		Perjalanan		201,42	
		Unloading		61,789	
2.	Rute 2	Set up	362	15	190,674
		Loading		31,132	
		Perjalanan		111,6	
		Unloading		32,942	
3.	Rute 3	Set up	339	15	212,763
		Loading		29,154	
		Perjalanan		137,76	
		Unloading		30,849	
4.	Rute 4	Set up	370	15	150,27
		Loading		31,82	
		Perjalanan		69,78	
		Unloading		33,67	
5.	Rute 5	Set up	333	15	144,021
		Loading		28,638	
		Perjalanan		70,08	
		Unloading		30,303	
6.	Rute 6	Set up	245	15	87,765
		Loading		21,07	
		Perjalanan		29,4	
		Unloading		22,295	

3.8 Biaya Distribusi Baru

Pada Tabel 8, diketahui bahwa total biaya yang dikeluarkan jika menggunakan rute usulan metode *Clarke And Wright Saving* pada distribusi CCOD Cabang Kudus sebesar Rp 344.122. Apabila dibandingkan dengan biaya distribusi menggunakan rute eksisting perusahaan, didapatkan penghematan biaya distribusi sebesar Rp 710.045 atau 67,36%.

Tabel 8. Biaya Distribusi Baru

No.	Rute	Jarak (km)	Biaya
1.	Rute 1	167,85	Rp111.788
2.	Rute 2	93	Rp61.938
3.	Rute 3	114,8	Rp76.457
4.	Rute 4	58,15	Rp38.728
5.	Rute 5	58,4	Rp38.894
6.	Rute 6	24,5	Rp16.317
Total			Rp344.122

3.9 Perbandingan Rute Eksisting

Untuk rute usulan dengan algoritma *Clarke and Wright Saving*, didapatkan total 6 rute dengan total jarak sejauh 516,7 km. Untuk rute eksisting perusahaan terdapat 9 rute dengan total jarak 1.122 km. Hal ini berarti rute usulan dapat melakukan penghematan jarak hingga 605,3 km atau 53,9%. Penerapan metode *Clarke-Wright Savings* dan algoritma *Evolutionary* memberikan dampak positif terhadap operasional PT. XYZ, terutama dalam meningkatkan efisiensi kegiatan distribusi. Hal ini ditunjukkan melalui penurunan total jarak tempuh, penghematan biaya bahan bakar, serta berkurangnya jumlah rute pengiriman dari sembilan rute menjadi enam rute. Pengurangan jumlah rute tersebut menunjukkan adanya peluang optimalisasi pemanfaatan armada, dimana tiga unit kendaraan dapat dialihkan untuk mendukung kebutuhan distribusi lainnya, dijadikan armada cadangan, atau dimanfaatkan untuk perluasan area pelayanan. Selain itu, pembagian rute yang lebih seimbang berpotensi meningkatkan produktivitas tenaga kerja serta ketepatan waktu pengiriman kepada pelanggan.

Tabel 9. Perbandingan Rute Eksisting

No.	Metode	Rute	Jarak	Total Jarak (km)
1	<i>Clarke and Wright Saving</i>	Rute 1	167,85	516,7
		Rute 2	93	
		Rute 3	114,8	
		Rute 4	58,15	
		Rute 5	58,4	
		Rute 6	24,5	
2	Eksisting Perusahaan	Rute 1	115	1.122
		Rute 2	109	
		Rute 3	130	
		Rute 4	128	
		Rute 5	125	
		Rute 6	119	
		Rute 7	124	
		Rute 8	144	
		Rute 9	128	
Penghematan			605,3	

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi melalui pengurangan jarak tempuh dan biaya transportasi (Hartien et al., 2021; Munir et al., 2023; Nugroho, 2024). Penelitian (Yusnindi & Handayani, 2022) juga menunjukkan bahwa optimasi rute distribusi mampu meningkatkan kinerja logistik perusahaan melalui penggunaan kendaraan yang lebih efisien. Selain itu, (Tan & Yeh, 2021) menjelaskan bahwa pendekatan heuristik pada permasalahan vehicle routing problem banyak diterapkan dalam sistem distribusi modern karena mampu menghasilkan solusi yang efisien dalam waktu komputasi yang relatif singkat.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh enam rute distribusi optimal dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, di mana armada pick-up memiliki kapasitas maksimum 370 *cases* dan armada truk CDE sebesar 700 *cases*. Pengelompokan rute menggunakan algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* serta penentuan urutan kunjungan menggunakan algoritma *Evolutionary* melalui *Excel Solver* terbukti mampu meningkatkan efisiensi distribusi. Hasil optimasi menunjukkan total jarak tempuh sebesar 516,7 km, lebih rendah dibandingkan rute eksisting sebesar 1.122 km, sehingga menghasilkan penghematan jarak sebesar 605,3 km atau 53,9%. Dari sisi biaya, terjadi penurunan biaya distribusi dari Rp1.054.167 menjadi Rp344.122 per hari, dengan total penghematan sebesar Rp710.045 atau 67,36%.

Pengurangan jumlah rute dari sembilan menjadi enam rute menunjukkan peningkatan efektivitas perencanaan distribusi serta memberikan implikasi operasional yang signifikan bagi perusahaan. Hal ini membuka peluang untuk mengistirahatkan tiga unit armada atau mengalokasikannya untuk kegiatan lain yang lebih produktif, seperti perluasan wilayah distribusi, peningkatan frekuensi pengiriman, maupun sebagai armada cadangan. Selain itu, pembagian rute yang lebih seimbang berpotensi meningkatkan produktivitas tenaga kerja dan ketepatan waktu pengiriman.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan *hybrid* yang mengombinasikan metode heuristik dan metaheuristik efektif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi serta memberikan kontribusi praktis terhadap peningkatan efisiensi operasional. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan model dengan mempertimbangkan faktor dinamis seperti kondisi lalu lintas, *time window* pelanggan, variasi permintaan, serta ketidakpastian operasional guna meningkatkan akurasi dan adaptabilitas sistem distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Christata, B. R., & Primadasa, R. (2023). Penentuan Rute Pengiriman Es Batu Menggunakan Nearest Neighbor Dan Excel SOLVER. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 3(2), 62–73.
- Dewi, N. K., Siswanto, B. N., & Hiber, K. A. (2020). Model Distribusi Dengan Mempertimbangkan Kapasitas Angkut. *Jurnal Manajemen Logistik* ..., 6(2), 71–79. <https://juna.ulbi.ac.id/index.php/stimlog/article/view/105>
- Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2015). *Introduction to Evolutionary Computing* (Second Ed). Springer.
- Engraini, V., Meirizha, S. N., & Dermawan, D. (2020). Optimasi Vehicle Routing Problem di PT. XYZ Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic dan Nearest Neighbour. *Sntiki*, 12, 435–442.

- Fylstra, D., Lasdon, L., Watson, J., & Waren, A. (1998). Design and use of the Microsoft Excel Solver. *Interfaces*, 28(5), 29–55. <https://doi.org/10.1287/inte.28.5.29>
- Hartien, T. H., Susetyo, J., & Asih, E. W. (2021). Optimalisasi Distribusi Tabung Gas Dengan Metode Clarke & Wright Saving Heuristik dan Generalized Assigment. *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, 3(2), 90–98. <https://doi.org/10.37631/jri.v3i2.483>
- Kumar, S. N., & Panneerselvam, R. (2012). A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants. *Intelligent Information Management*, 04(03), 66–74. <https://doi.org/10.4236/iim.2012.43010>
- Kusuma, A. S., & Sumiati. (2020). Penerapan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic Dalam Menentukan Rute Pendistribusian Produk Di Bagian Distributor Koperasi Abc Bojonegoro. *Juminten*, 1(4), 1–11. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i4.116>
- Munir, M., Kurniawan, M., M., M. K., & Setyawati, I. (2023). Implementasi metode Clarke and Wright Savings dalam penyelesaian vehicle routing problem di PT. Adiguna Gasindo. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 9(2), 116–122.
- Nugroho, J. A. (2024). Penentuan rute pengambilan sampah dengan menggunakan metode Clarke & Wright algorithm saving heuristic di perusahaan daerah kebersihan untuk wilayah Bandung Timur. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, 3(3), 569–573. <https://doi.org/10.47233/jpst.v3i3.1984>
- Octora, L., Imran, A., & Susanty, S. (2019). Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion. *Reka Integra*, 2(2), 1–11.
- Paillin, D. B., & Tupan, J. M. (2018). Pemecahan Traveling Salesman Problem Menggunakan Teknik Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus : PT. Paris Jaya Mandiri – Ambon). *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC, 2014*, 7–8.
- Raharjo, H., Aryani, E., & Ernawati, D. (2015). Minimalisasi Biaya Distribusi Kayu dengan Metode Clarke and Wirght Saving Heuristic (Di CV. Sumber Jaya Gresik). *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Produksi*, 46–56. <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekmapro/article/view/580>
- Rosita, N., Kamariyah, N., Sasmita, Y., & Hozairi. (2021). Penerapan Solver Excel Untuk Minimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Alat Pelindung Diri (APD) di Pamekasan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Data*, 1(01), 83–89. <https://doi.org/10.33005/senada.v1i01.23>
- Susilawati, F., Gani, T. A., & Away, Y. (2016). Fitness sharing ApplicationFor diversity Control with Evolutionary Algorithm To ResolveTravelling Salesman problem (TSP). *Jurnal J-Innovation*, 5(1), 1–7.
- Tan, S.-Y., & Yeh, W.-C. (2021). The vehicle routing problem: State-of-the-art classification and review. *Applied Sciences*, 11(21), 10295.
- Yunus, H., Helmi, & Martha, S. (2015). Metode Program Dinamis Pada Penyelesaian Traveling Salesman Problem. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 04(3), 329–336. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/12428>
- Yusnindi, S. I., & Handayani, W. (2022). Pengoptimalan Rute Distribusi Menggunakan Metode Saving Matrix Pada Produk Makanan Beku CV.Sego Njamoer. *Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis)*, 6(1), 153–170. <https://doi.org/10.37339/e-bis.v6i1.883>