

Perancangan Rute Distribusi Produk Pestisida Dengan Menggunakan Software OR Tools Untuk Meminimasi Jarak Tempuh Dan Biaya Transportasi Di Pt Abc

1st Ringgon Ramadhan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
gonskuy@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Leo Rama Kristiana
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
leorama@telkomuniversity.ac.id

3rd Hardian Kokoh Pambudi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
hkpambudi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT ABC merupakan perusahaan distribusi produk pestisida dan alat penunjang pertanian yang menghadapi permasalahan dalam optimasi rute distribusi. Dengan 62 titik konsumen yang tersebar di Provinsi Lampung dan 8 unit kendaraan CDD berkapasitas 5 ton, rute distribusi saat ini ditentukan berdasarkan pembagian wilayah regional tanpa mempertimbangkan jarak tempuh dan kapasitas kendaraan secara optimal. Hal ini menyebabkan tingginya biaya transportasi, terutama biaya bahan bakar, yang sering kali melebihi anggaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang rute distribusi produk pestisida dengan menggunakan software OR-Tools yang mengimplementasikan model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Metode ini memungkinkan perhitungan rute yang lebih efisien dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan jarak tempuh minimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan model CVRP, rute distribusi yang diusulkan dapat mengurangi jarak tempuh rata-rata hingga 47%. Selain itu, biaya bahan bakar berkurang sebesar 53%, yang berdampak langsung pada penurunan biaya operasional distribusi. Optimasi ini memberikan solusi signifikan bagi PT ABC dalam mengelola distribusi dengan lebih efisien, meningkatkan efektivitas pengiriman, dan mengurangi biaya secara keseluruhan.

Kata kunci— Distribusi, Produk Pestisida, Rute, Software OR tools

I. PENDAHULUAN

Distribusi dan transportasi merupakan bagian integral dari manajemen rantai pasok yang memiliki peran penting dalam memastikan efisiensi operasional perusahaan. Dalam industri pertanian, khususnya di distribusi produk pestisida, ketepatan dan efisiensi distribusi sangat menentukan keberhasilan rantai pasokan. PT ABC, sebuah perusahaan distribusi produk pestisida dan alat penunjang pertanian, menghadapi tantangan dalam hal optimasi rute distribusi untuk 62 titik konsumen yang tersebar di Provinsi Lampung. Saat ini, distribusi dilakukan dengan 8 unit kendaraan Cold Diesel Double (CDD) berkapasitas 5 ton, namun

penentuan rute distribusi masih bersifat manual, hanya berdasarkan wilayah regional, tanpa mempertimbangkan faktor jarak tempuh dan kapasitas kendaraan secara optimal.

Kondisi ini mengakibatkan biaya transportasi, terutama biaya bahan bakar, sering kali melebihi anggaran yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Selain itu, penentuan rute yang tidak efisien menyebabkan jarak tempuh yang lebih panjang, waktu pengiriman yang lebih lama, dan beban kendaraan yang tidak merata. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan ilmiah untuk merancang rute distribusi yang dapat meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi secara keseluruhan.

Dalam penelitian ini menggunakan model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) yang diimplementasikan melalui software OR-Tools. CVRP merupakan model optimasi yang digunakan untuk memecahkan masalah perutean kendaraan dengan mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan dan permintaan konsumen. Dengan menggunakan model ini, diharapkan dapat ditemukan solusi rute distribusi yang lebih optimal sehingga biaya transportasi dapat ditekan dan efisiensi distribusi meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang rute distribusi yang optimal bagi PT ABC dengan meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi melalui penggunaan model CVRP. Hasil optimasi diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan dalam pengelolaan distribusi PT ABC, baik dalam penghematan biaya maupun peningkatan efisiensi operasional. Optimasi rute distribusi yang efisien tidak hanya akan mengurangi biaya operasional perusahaan, tetapi juga meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengiriman yang lebih cepat dan tepat waktu.

II. KAJIAN TEORI

literatur yang berkaitan dengan penelitian, teori yang digunakan serta konsep keilmuan yang akan digunakan dalam melakukan perancangan penelitian.

A. Supply Chain Management

Supply chain mencakup seluruh tahapan dalam rantai pasok, termasuk manufaktur, pemasok, transportasi, gudang, ritel, dan pelanggan (Chopra & Meindl, 2013). Manajemen rantai pasok (Supply Chain Management) didefinisikan sebagai koordinasi antara produksi, persediaan, lokasi, dan transportasi untuk mencapai efisiensi terbaik dalam memenuhi permintaan pasar (Hugos, 2003). Tujuan utamanya adalah meningkatkan throughput, yang diukur dari tingkat penjualan ke pelanggan akhir. Ada lima area utama yang menentukan kapabilitas rantai pasok: produksi, persediaan, lokasi, transportasi, dan informasi. Produksi berkaitan dengan kapasitas rantai pasok untuk mendistribusikan dan menyimpan produk, sementara persediaan mencakup sumber daya yang menganggur di sepanjang proses. Lokasi mengacu pada letak geografis fasilitas, termasuk aktivitas yang dilakukan di setiap lokasi. Transportasi mengatur perpindahan barang antara fasilitas, dengan moda transportasi dan jadwal pengiriman sebagai faktor kunci. Informasi menjadi penghubung antar aktivitas dalam rantai pasok, serta digunakan untuk pengambilan keputusan di semua area lainnya.

B. Transportasi dan Distribusi

Distribusi adalah proses pemindahan dan penyimpanan produk dari pemasok ke pelanggan dalam rantai pasok (Chopra & Meindl, 2016). Sebagai bagian dari manajemen rantai pasok, distribusi mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian arus barang, jasa, serta informasi antara titik asal dan konsumsi secara efisien dan efektif (CSCMP, 2014). Transportasi, sebagai elemen penting, bertanggung jawab memindahkan barang dari satu titik ke titik lainnya dalam rantai pasok. Fungsi utama dari manajemen distribusi dan transportasi adalah memastikan produk sampai ke tempat tujuan dengan efisien. Menurut Pujawan (2016), terdapat beberapa fungsi dasar dari manajemen transportasi dan distribusi yaitu:

1. Perencanaan Rute dan Jaringan Distribusi

Mengidentifikasi jalur pengiriman yang optimal untuk menghubungkan sumber daya dengan tujuan akhir.

2. Penjadwalan Pengiriman

Menentukan jadwal pengiriman yang efisien dan memadai untuk memenuhi permintaan pelanggan.

3. Manajemen Stok

Mengelola persediaan barang di berbagai titik dalam jaringan distribusi untuk mencegah kekurangan atau kelebihan stok.

4. Pemilihan Moda Transportasi

Menentukan mode transportasi yang paling sesuai berdasarkan berbagai faktor seperti jarak, waktu, biaya, dan jenis barang.

5. Pengendalian Biaya

Mengelola biaya transportasi, pergudangan, dan operasi distribusi secara keseluruhan.

6. Manajemen Informasi

Mengumpulkan, memantau, dan menganalisis informasi terkait pergerakan barang, pengiriman, dan status stok.

7. Penanganan Resiko

Mengidentifikasi risiko yang dapat mempengaruhi pergerakan dan pengiriman barang, serta merencanakan tindakan mitigasi guna minimalisir resiko.

8. Koordinasi dan Kolaborasi

Mengkoordinasikan aktivitas di berbagai tahapan aktivitas rantai pasok untuk memastikan kelancaran aliran barang.

9. Peningkatan Efisiensi

Menerapkan teknologi dan proses baru untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam manajemen transportasi dan distribusi.

10. Pelayanan Pelanggan

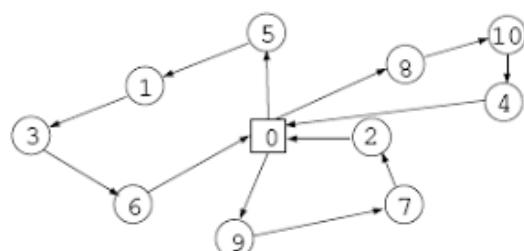
Memastikan bahwa barang tiba dengan tepat waktu dan dalam kondisi baik untuk memenuhi harapan pelanggan.

C. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah perluasan dari Traveling Salesman Problem (TSP), yang dikenal sebagai salah satu masalah optimasi kombinatorial dalam bidang logistik. VRP merupakan masalah penentuan rute optimal bagi sejumlah kendaraan yang berangkat dari depot untuk mengunjungi sejumlah pelanggan, dan kembali lagi ke depot setelah menyelesaikan pengiriman. Tujuan utama VRP adalah meminimalkan biaya distribusi yang biasanya berkaitan dengan jarak tempuh atau jumlah kendaraan yang digunakan.

Karakteristik dasar VRP meliputi:

1. Letak pelanggan dihubungkan melalui graf.
 2. Pelanggan memiliki permintaan yang berbeda-beda.
 3. Waktu pengiriman melibatkan batasan waktu (time window).
 4. Kapasitas dan jumlah kendaraan dibatasi
- VRP diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis sesuai dengan batasan dan tujuan yang ingin dicapai. Salah satu variasi VRP yang umum digunakan adalah Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP).



GAMBAR 1
Ilustrasi Vehicle Routing Problem

D. Klasifikasi VRP

Terdapat berbagai jenis *Vehicle Routing Problem* (VRP), yang diklasifikasikan berdasarkan faktor pembatas dan tujuan yang ingin dicapai. Batasan yang paling umum dalam VRP adalah jarak dan waktu, dengan tujuan utama untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu perjalanan, atau biaya pengiriman. Variasi VRP muncul sesuai dengan kondisi dan situasi yang dihadapi, di mana setiap varian mempertimbangkan berbagai faktor, hambatan, serta fungsi tujuan yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan optimasi distribusi.

1. TDVRP (*Time Dependent Vehicle Routing Problem*)

Merupakan VRP dimana waktu perjalanan atau biaya perjalanan antara dua lokasi bergantung pada waktu dalam sehari.

2. CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*)

VRP memiliki batasan tambahan yaitu setiap kendaraan pengangkut harus memiliki kapasitas yang seragam.

3. SDVRP (*Split Delivery Vehicle Routing Problem*)

Merupakan VRP dimana kendaraan yang berbeda dapat melayani pelanggan yang sama bila perihal tersebut dapat mengurangi biaya.

4. VRPB (*Vehicle Routing Problem with Backhaul*)

Merupakan perluasan CVRP dimana pelanggan dibagi menjadi dua bagian yakni linehaul customer (masing-masing pelanggan menerima barang yang dikirimkan) dan backhaul customer (barang harus diambil dari pelanggan).

5. VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*)

Merupakan VRP dengan tambahan hambatan berupa time windows yang menghubungkan dilayani, tidak dapat dilayani melewati batas waktu yang disediakan.

6. VRPPD (*Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery*)

Ini merupakan perluasan dari CVRP, dimana barang diambil dari satu lokasi (penjemputan) kemudian diangkut ke lokasi lain dengan kendaraan yang sama (antar).

7. VRPBWT (*Vehicle Routing Problem with Backhaul and Time Windows*)

Merupakan VRP dengan linehaul dan backhaul customer dimana pelanggan harus dilayani dalam interval waktu tertentu.

8. VRPPDTW (*Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery and Time Windows*)

Ini adalah jenis VRP di mana barang diambil dari pelanggan lokasi pelanggan (pengiriman) dan kemudian dikirim ke pelanggan lokasi lain (antar) dengan kendaraan yang sama, tetapi batasan tambahannya adalah setiap pelanggan lokasi memiliki interval waktu pelayanan masing-masing.

E. Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah jenis VRP yang memiliki batasan tambahan berupa kapasitas kendaraan. Dalam CVRP, kendaraan yang digunakan untuk distribusi harus mematuhi batasan kapasitas maksimal. CVRP digunakan ketika kendaraan memiliki kapasitas tetap dan tidak dapat melampaui kapasitas tersebut dalam melayani pelanggan. Penelitian ini memilih CVRP sebagai model yang sesuai dengan permasalahan distribusi PT ABC, di mana kendaraan memiliki kapasitas 5 ton, dan distribusi harus dilakukan ke 62 titik konsumen. CVRP memastikan kendaraan yang digunakan dapat mengangkut barang sesuai kapasitas tanpa melanggar batasan, sambil meminimalkan jarak tempuh.

F. Alasan Pemilihan Metode

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah optimasi kombinatorial yang dapat diselesaikan melalui berbagai metode, termasuk metode analitik yang menjamin solusi optimal secara global. Dalam penelitian ini, digunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan, mengingat kondisi perusahaan yang tidak memperhitungkan *time window* dalam distribusi. Pendekatan ini memungkinkan perancangan rute distribusi yang lebih efisien berdasarkan jarak dan muatan yang diangkut.

Pemilihan software OR-Tools dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa keunggulan, seperti kemudahan pemrograman, fleksibilitas tinggi, komputasi cepat, dan kemampuan menghasilkan solusi optimal. OR-Tools menyediakan berbagai algoritma pencarian untuk memecahkan masalah VRP, seperti Savings Algorithm, Path Cheapest Arc, dan Tabu Search, yang masing-masing berkontribusi dalam optimasi rute distribusi.

Berbagai algoritma pencarian digunakan dalam software or-tools untuk mengoptimalkan rute distribusi dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP). Salah satunya adalah algoritma Savings, yang memulai dengan membuat rute terpisah untuk setiap pelanggan, kemudian menggabungkannya guna meminimalkan biaya total, baik dari segi jarak maupun waktu. Algoritma Path Cheapest Arc bekerja dengan mencari jalur termurah dari satu titik ke titik lainnya hingga seluruh titik dikunjungi. Untuk menghindari jebakan pada solusi lokal optimum, metode ini sering dikombinasikan dengan tabu search yang berfungsi memperbaiki solusi dalam ruang pencarian. Algoritma Global Cheapest Arc serupa dengan path cheapest arc, namun memilih jalur termurah secara global, memperluas ruang solusi yang dipertimbangkan. Terakhir, algoritma Parallel Cheapest Insertion mengoptimalkan beberapa rute secara bersamaan, berbeda dengan algoritma lainnya yang mengoptimalkan rute satu per satu. Keunggulan algoritma ini terletak pada kemampuannya menghemat waktu komputasi dalam proses optimasi.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode optimasi untuk merancang rute distribusi produk pestisida di PT ABC menggunakan model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) yang diimplementasikan melalui software OR-Tools. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi.

A. Prosedur Penelitian

1. Pendahuluan

Pada Tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan pada PT. ABC dengan permasalahan dengan terkait dengan *studi literatur* dan studi lapangan sehingga dapat mengidentifikasi perumusan masalah dan batasan masalah pada PT. ABC.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT. ABC, sehingga berdasarkan sumbernya merupakan data internal serta berdasarkan cara memperoleh data. Adapun pengumpulan data berdasarkan jenis data sebagai berikut:

Tabel 1
Jenis Data

Jenis Data		
Pengumpulan Data	Data Pelanggan	Data Perusahaan
Data rute kondisi eksisting	Data alamat tujuan konsumen (Konsumen)	Data alamat Gedung perusahaan Data kendaraan pengiriman Data jarak tempuh Data pembiayaan kendaraan Data hasil bahan bakar Data konsumsi bahan bakar

3. Pengelolaan Data

Pada tahap ini dilakukan pengelolaan data dengan menggunakan software OR tools. berikut merupakan pengelolaan data:

1. Perhitungan solusi awal.
2. Perhitungan solusi awal kendaraan.
3. Rute awal.
4. Perhitungan solusi rute.
5. Rute Usulan.
6. Biaya trasnportasi usulan

4. Analisis

Pada tahap ini, dari hasil yang telah didapatkan pada tahapan pengelolaan data sebelumnya, penulis melakukan proses analisis berdasarkan biaya transportasi, serta implementasi hasil. Dari segi pembiayaan transportasi, penulis melakukan analisis berdasarkan perbandingan pembiayaan aktual dengan pembiayaan usulan, hal ini untuk memahami sebab akibat kemungkinan adanya perbedaan yang diharapkan untuk solusi yang dihasilkan lebih maksimal (lebih efisien).

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari Tugas Akhir ini yaitu dengan menarik kesimpulan mengenai perencanaan pembiayaan distribusi pengiriman produk pestisida dan alat penunjang pertanian dengan meminimasi biaya distribusi perusahaan. Serta pada tahap ini penulis akan memberikan saran yang mendukung agar dapat menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik, untuk tugas akhir maupun penelitian mendatang.

B. Rancangan Pengumpulan Data

Rancangan pengumpulan data adalah teknik atau cara yang digunakan penulis untuk mengumpulkan data atau informasi serta fakta pendukung di lapangan untuk kepentingan penelitian. Metode rancangan pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian ini dengan mengumpulkan data-data dari PT. ABC yang terdiri dari dua sumber yaitu:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung pada lokasi dengan cara survey lapangan, wawancara, dan pengamatan tempat tentang kondisi dan sebagainya. Berikut merupakan penjelasan mengenai data primer:

1. Survey Lapangan

Survey lapangan bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi penelitian secara menyeluruh, termasuk fitur-fitur penting seperti lokasi perusahaan, jenis kendaraan yang digunakan, dan jenis produk yang didistribusikan. Melalui survey ini, diperoleh data yang akurat dan relevan mengenai kondisi aktual perusahaan, yang kemudian digunakan untuk memastikan keakuratan serta kelayakan perancangan rute distribusi. Data tambahan dari survey ini juga penting dalam menguji kualitas hasil analisis rute yang diusulkan, terutama dalam kaitannya dengan optimasi jarak tempuh dan biaya transportasi.

2. Wawancara

Wawancara yang dilakukan dengan narasumber yaitu *supervisor* dan staff di perusahaan untuk mendapatkan data dan informasi yang lebih detail mengenai permasalahan yang akan diteliti dilakukan secara langsung dan wawancara tidak langsung. Dari hasil wawancara diperoleh data mengenai permasalahan pada penentuan rute, kendala selama perjalanan, dan terkait biaya bahan bakar yang dihabiskan selama proses pendistribusian.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara. Pada penelitian ini data sekunder diperoleh melalui literatur dan jurnal terkait.

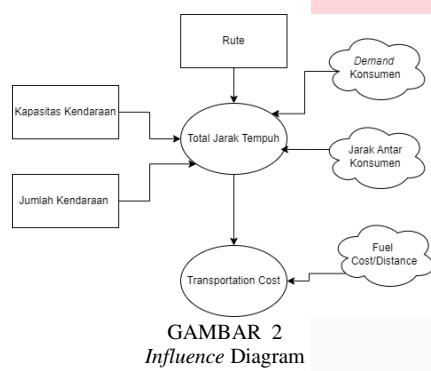
IV. PERANCANGAN SISTEM TERINTEGRASI

A. Hasil Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi sistem pengiriman transportasi PT ABC, karakteristik kendaraan, dan permintaan konsumen. PT ABC menggunakan 8 kendaraan jenis CDD (Cold Diesel Double) dengan kapasitas 5 ton untuk mendistribusikan produk pestisida ke 62 titik konsumen yang tersebar di seluruh Provinsi Lampung. Data permintaan konsumen bervariasi tiap minggu dan digunakan sebagai dasar perancangan rute distribusi yang optimal. Selain itu, jarak antar titik dihitung menggunakan Google Maps, dan data ini dikonversi menjadi matriks jarak untuk analisis lebih lanjut.

B. Pengolahan Data

a. Influence Diagram



Berdasarkan influence diagram pada penelitian ini, masalah utama yang dihadapi PT ABC adalah tidak adanya perhitungan rute dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, yang menyebabkan biaya transportasi melebihi anggaran. Biaya pengiriman dipengaruhi oleh demand konsumen, jarak antar node, dan biaya bahan bakar. Rute distribusi yang optimal bergantung pada kondisi kendaraan, termasuk kapasitas dan jumlah kendaraan. Oleh karena itu, rute transportasi menjadi variabel yang dapat dikendalikan untuk mempengaruhi efisiensi sistem distribusi secara keseluruhan.

b. Titik Lokasi Konsumen

Lokasi konsumen yang dilayani oleh PT ABC tersebar di berbagai wilayah di Provinsi Lampung. Terdapat total 62 titik distribusi yang menjadi tujuan pengiriman produk pestisida. Setiap konsumen berada di lokasi yang berbeda dengan jarak antar titik yang bervariasi. Data lokasi konsumen diidentifikasi menggunakan koordinat geografis (latitude dan longitude) untuk setiap titik distribusi. Titik-titik ini termasuk daerah-daerah seperti Pasar Kemiling, Pasar Tengah, Metro Kibang, Gading Rejo, dan lain-lain. Setiap titik lokasi dihitung jaraknya dari depot PT ABC menggunakan Google Maps, yang kemudian digunakan untuk menyusun matriks jarak antar titik konsumen. Penggunaan koordinat geografis ini penting untuk memetakan rute distribusi yang optimal, dengan mempertimbangkan jarak tempuh minimum untuk setiap kendaraan. Penyusunan rute optimal berdasarkan titik lokasi ini bertujuan untuk meminimalkan biaya

bahan bakar dan jarak tempuh, sekaligus memastikan efisiensi distribusi produk ke seluruh konsumen.

c. Data Matriks Jarak

Data matriks jarak digunakan untuk menghitung jarak antara depot dengan setiap titik konsumen serta jarak antar titik konsumen. Perhitungan ini dilakukan menggunakan Google Maps dengan satuan kilometer (KM), yang kemudian dikonversi ke meter (M) saat diinput. Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan jarak terpendek antar node, sehingga dapat membantu dalam perancangan rute distribusi yang optimal.

X	DEPOT	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17
1	10000	0	2000	4000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000	65000	
2	-1400	2000	0	4000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000	65000	
3	7200	6600	0	30900	36000	84700	93100	123000	204000	260000	373000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	
4	25100	20800	36000	0	45900	90100	29000	24000	23200	119800	195600	25000	186000	200000	44800	91100	160000	172000
5	34000	33000	30900	36000	0	45900	90100	29000	24000	23200	119800	195600	25000	186000	20000	44800	91100	160000
6	65000	61000	58100	20000	65000	42500	205000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	
7	21100	21200	21300	21400	21500	21600	21700	21800	21900	22000	22100	22200	22300	22400	22500	22600	22700	
8	20100	20400	20500	20600	20700	20800	214000	247000	8800	8800	163000	25600	56300	4800	41200	21400	298000	68500
9	122000	90400	90600	125000	128000	130000	134000	146000	169000	169000	170000	170000	170000	170000	170000	170000	170000	
10	235000	237000	238000	239000	240000	241000	242000	243000	244000	245000	246000	247000	248000	249000	250000	251000	252000	
11	239000	238000	237000	236000	235000	234000	233000	232000	231000	230000	229000	228000	227000	226000	225000	224000	223000	
12	235000	237000	238000	239000	240000	241000	242000	243000	244000	245000	246000	247000	248000	249000	250000	251000	252000	
13	212000	211000	212000	213000	214000	215000	216000	175000	412000	363000	293000	354000	242000	186000	239000	353000	37600	
14	49600	49400	50200	48800	49000	49200	47500	214000	205000	92100	203000	174000	129000	157000	118000	160000	146000	
15	87100	84900	81200	91100	107000	127000	172000	180000	298000	269000	269000	340000	383000	383000	294000	138000	228000	
16	238000	239000	240000	241000	242000	243000	244000	245000	246000	247000	248000	249000	250000	251000	252000	253000	254000	
17	148000	148000	148000	148000	172000	123000	177000	180000	68600	59800	19800	94700	25000	7800	333000	148000	228000	

GAMBAR 3
Disatance matriks

d. Rute Pengiriman Aktual

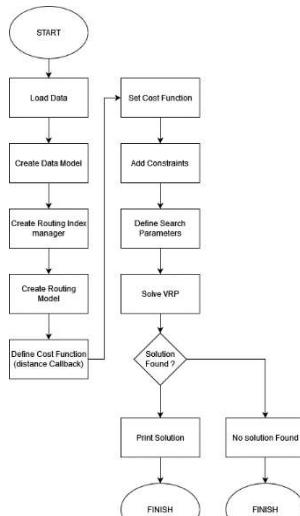
Jumlah titik antar konsumen pada rute eksisting yaitu berjumlah 62 titik konsumen. Setiap tujuan memiliki rute yang berbeda-beda, pada saat kondisi eksisting memiliki 8 rute distribusi. Berikut merupakan rute distribusi eksisting dari PT ABC.

TABEL 2
Rute Distribusi Aktual

Rute Aktual	Kendaraan
D-J6-J14-J20-J25-J41-J60-J16-J23-J50-J56-D	K1
D-J1-J2-J26-J34-J37-J28-J42-J19-J21-J27-J40-J44-D	K2
D-J13-J24-J36-J54-J57-D	K3
D-J3-J15-J30-J32-J33-J35-J47-J49-J55-J62-D	K4
D-J17-J8-J12-J7-J10-J34-D	K5
D-J5-J18-J38-J58-J59-D	K6
D-J11-J29-J45-J46-J51-J52-D	K7
D-J4-J9-J22-J31-J39-J43-J48-J53-J61-D	K8

e. Prosedur Menggunakan Software OR Tools

Software OR-Tools merupakan solusi yang efisien untuk mengoptimalkan masalah perutean kendaraan di PT ABC, dengan tujuan menentukan rute optimal untuk sejumlah kendaraan yang mendistribusikan produk ke berbagai titik konsumen. Rute yang dihasilkan diharapkan meminimalkan total jarak tempuh, sehingga dapat mengurangi biaya distribusi.



GAMBAR 4
Flowchart prosedur
Software OR tools

Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan menggunakan *Google Colab* dengan bahasa pemrograman *Python*. *OR-Tools* diterapkan untuk *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan beberapa kombinasi parameter pencarian. Jarak antar kota digunakan sebagai input untuk menghasilkan rute optimal secara acak, sehingga solusi terbaik dapat ditemukan.

C. Hasil Perancangan

Berikut hasil perbandingan rute usulan dari beberapa parameter pencarian dengan algoritma *heuristik* untuk rute distribusi pada PT ABC dengan menggunakan *software OR tools*, pemilihan algoritma *heuristik* ini didasari dari waktu komputasinya yang lebih cepat dan solusi yang cukup optimal maka didapatkan rute usulan untuk distribusi sebagai berikut:

1. Perbandingan Rute Usulan Distribusi

TABEL 3
Paramater Pencarian SAVINGS

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J8 → J12 → J7 → J10 → J34 → J45 → J11 → J51 → D
K2	D → J9 → J46 → J29 → J24 → J13 → J23 → J56 → J16 → J50 → J57 → D
K3	D → J18 → J59 → J58 → J38 → J52 → J17 → J48 → D
K4	D → J14 → J5 → J36 → J54 → J60 → J6 → J55 → J30 → J32 → J62 → J15 → J44 → D
K5	D → J33 → J47 → J20 → J31 → J43 → J39 → J61 → 22 → D
K6	D → J21 → J27 → J40 → J35 → J49 → J25 → J41 → J3 → J19 → J28 → D
K7	D → J42 → J4 → J53 → J1 → J37 → J26 → J2 → D
K8	D → D

TABEL 4
Paramater pencarian PATH_CHEAPEST_AT

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J39 → J9 → J46 → J11 → J45 → J51

	→ J48 → D
K2	D → J21 → J27 → J44 → J15 → J62 → J32 → J30 → J55 → J47 → J49 → J3 → J35 → D
K3	D → J36 → J54 → J13 → J23 → J56 → J16 → J50 → J57 → J60 → D
K4	D → J53 → J4 → J20 → J31 → J61 → J22 → J42 → D
K5	D → D
K6	D → J28 → J25 → J6 → J33 → J41 → J19 → J26 → J37 → J1 → D
K7	D → J14 → J5 → J18 → J59 → J58 → J38 → J52 → J29 → D
K8	D → J43 → J17 → J8 → J12 → J7 → J10 → J34 → J24 → J40 → J2 → D

TABEL 5
Paramater pencarian GLOBAL_CHEAPEST_ARC

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J39 → J9 → J46 → J11 → J45 → J51 → J48 → D
K2	D → J21 → J27 → J44 → J15 → J62 → J32 → J30 → J55 → J47 → J49 → J3 → J35 → D
K3	D → J36 → J54 → J13 → J23 → J56 → J16 → J50 → J57 → J60 → D
K4	D → J53 → J4 → J20 → J31 → J61 → J22 → J42 → D
K5	D → D
K6	D → J28 → J25 → J6 → J33 → J41 → J19 → J26 → J37 → J1 → D
K7	D → J14 → J5 → J18 → J59 → J58 → J38 → J52 → J29 → D
K8	D → J43 → J17 → J8 → J12 → J7 → J10 → J34 → J24 → J40 → J2 → D

TABEL 6
Parameter Pencarian PARALLEL_CHEAPEST_INSERTION

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J2 → J26 → J37 → J1 → J53 → J4 → J42 → D
K2	D → J19 → J35 → J49 → J24 → J13 → J23 → J56 → J30 → J32 → J15 → J21 → J40 → D
K3	D → J14 → J20 → J31 → J17 → J48 → J39 → J61 → J22 → D
K4	D → J3 → J41 → J25 → J6 → J33 → J47 → J55 → J62 → J44 → J27 → D
K5	D → J43 → J9 → J29 → J46 → J52 → J38 → J58 → J5 → D
K6	D → J28 → J60 → J18 → J59 → J36 → J54 → J16 → J50 → J57 → D
K7	D → J51 → J11 → J45 → J34 → J10 → J7 → J12 → J8 → D
K8	D → D

2. Perbandingan Jarak Tempuh Distribusi Usulan

Berikut perbandingan hasil jarak tempuh usulan distribusi dari hasil *testing* perbandingan 4 algoritma pencarian dengan algoritma *heuristik* pada PT ABC dengan menggunakan *software OR tools*.

TABEL 7
Hasil jarak tempuh usulan distribusi PT ABC

Kendaraan	ALGORITMA PENCARIAN (Meters)			
	A	B	C	D
K1	326.800	0	326.900	49.600
K2	448.100	326.800	279.890	347.900

K3	336.700	245.000	429.900	196.000
K4	393.100	327.930	140.900	248.900
K5	244.500	356.800	0	302.400
K6	241.600	170.700	136.300	288.800
K7	53.600	152.200	227.600	319.800
K8	0	250.500	228.830	0
TOTAL	2.044.400	1.829.930	1.770.320	1.753.400

Algoritma A: SAVINGS

Algoritma B: PATH_CHEAPEST_ARC

Algoritma C: GLOBAL_CHEAPEST_ARC

Algoritma D: PARALLEL_CHEAPEST_INSERTION

Didapatkan bahwa jarak terpendek dari pendistribusian produk pestisida jatuh pada penggunaan algoritma PARALLEL_CHEAPEST_INSERTION, oleh sebab itu maka dalam penyelesaian masalah tugas akhir ini akan digunakan algoritma parameter pencarian PARALLEL_CHEAPEST_INSERTION.

3. Rute Usulan Distribusi

TABEL 8
Rute usulan minggu ke-1

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J2 → J26 → J37 → J1 → J53 → J4 → J42 → D
K2	D → J19 → J35 → J49 → J24 → J13 → J23 → J56 → J30 → J32 → J15 → J21 → J40 → D
K3	D → J14 → J20 → J31 → J17 → J48 → J39 → J61 → J22 → D
K4	D → J3 → J41 → J25 → J6 → J33 → J47 → J55 → J62 → J44 → J27 → D
K5	D → J43 → J9 → J29 → J46 → J52 → J38 → J58 → J5 → D
K6	D → J28 → J60 → J18 → J59 → J36 → J54 → J16 → J50 → J57 → D
K7	D → J51 → J11 → J45 → J34 → J10 → J7 → J12 → J8 → D
K8	D → D

TABEL 9
Rute usulan minggu ke-2

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J1 → D
K2	D → J19 → J3 → J41 → J33 → J25 → J49 → J35 → J40 → J2 → D
K3	D → J53 → J31 → J20 → J14 → J28 → J37 → J26 → D
K4	D → J21 → J15 → J32 → J30 → J47 → J55 → J62 → J44 → J27 → D
K5	D → J6 → J5 → J18 → J59 → J36 → J54 → J60 → D
K6	D → J4 → J9 → J29 → J46 → J11 → J45 → J51 → J52 → J38 → J58 → D
K7	D → J57 → J50 → J16 → J56 → J23 → J13 → J24 → J34 → J10 → D
K8	D → J42 → J22 → J61 → J43 → J17 → J8 → J12 → J7 → J48 → J39 → D

Tabel 10 Rute usulan minggu ke-3.

Kendaraan	Rute usulan
K1	D → J33 → J41 → J49 → J3 → J35 → J19 → D
K2	D → J27 → J44 → J30 → J55 → J47 →

	J6 → J25 → J60 → J1 → D
K3	D → J28 → J14 → J34 → J11 → J45 → J51 → J43 → J61 → J22 → D
K4	D → J37 → J26 → J2 → J40 → J24 → J32 → J62 → J15 → J21 → D
K5	D → J42 → J4 → J31 → J9 → J29 → J46 → J52 → J38 → J58 → D
K6	D → J20 → J5 → J18 → J59 → J36 → J54 → J13 → J23 → J56 → J16 → J50 → J57 → D
K7	D → J39 → J48 → J7 → J10 → J12 → J8 → J17 → J53 → D
K8	D → D

TABEL 11
Rute usulan minggu ke-4.

Kendaraan	Rute usulan	
	M1	M2
K1	D → J1 → J37 → J26 → J2 → D	
K2	D → J19 → J3 → J41 → J33 → J25 → J49 → J35 → J42 → D	
K3	D → J53 → J4 → J39 → J43 → J31 → J20 → J14 → J28 → D	
K4	D → J21 → J15 → J32 → J30 → J55 → J62 → J44 → J27 → D	
K5	D → J60 → J5 → J18 → J59 → J36 → J54 → J6 → J47 → D	
K6	D → J22 → J17 → J8 → J12 → J7 → J10 → J34 → J29 → J9 → D	
K7	D → J57 → J50 → J16 → J56 → J23 → J13 → J24 → J40 → D	
K8	D → J58 → J38 → J52 → J46 → J11 → J45 → J51 → J48 → J61 → D	

4. Jarak Tempuh Rute Usulan

Berikut merupakan hasil jarak tempuh rute usulan untuk data *demand* selama periode maret 2024.

TABEL 12
Jarak tempuh rute usulan

Kendaraan	Jarak Tempuh (meters)			
	M1	M2	M3	M4
K1	49.600	2.400	83.890	14.800
K2	347.900	141.800	327.900	131.700
K3	196.000	120.800	510.043	170.200
K4	248.900	307.800	132.200	272.600
K5	302.400	260.600	247.800	286.100
K6	288.800	339.700	423.600	351.500
K7	319.800	359.700	371.700	323.200
K8	0	277.473	0	405.600
TOTAL	1.753.400	1.810.273	2.097.133	1.955.700

D. Verifikasi dan Validasi Rute Hasil Rancangan

1. Verifikasi Rute Usulan

Verifikasi dilakukan dengan melakukan *checking* hasil rancangan apakah sudah memenuhi spesifikasi perancangan, berikut merupakan hasil dari verifikasi terkait dengan hasil yang didapatkan. Verifikasi rute distribusi menunjukkan bahwa hasil rancangan telah sesuai dengan tujuan untuk meminimalkan jarak tempuh. Berdasarkan pengujian menggunakan data periode Maret 2024, rute rancangan terbukti mampu mengurangi jarak tempuh dibandingkan kondisi aktual.

Selain itu, pengujian juga menunjukkan bahwa minimasi jarak tempuh ini berdampak langsung pada penurunan biaya transportasi, di mana biaya distribusi menggunakan rute usulan lebih rendah dibandingkan dengan rute yang digunakan saat ini. Hal ini memverifikasi bahwa rute distribusi usulan berhasil mengoptimalkan efisiensi operasional PT ABC.

2. Validasi

Validasi rancangan distribusi dilakukan pada tanggal 6 September 2024 dengan melibatkan pemangku kepentingan dari PT ABC. Hasil validasi menunjukkan bahwa rancangan telah memenuhi target minimasi jarak tempuh dan biaya bahan bakar berdasarkan pengujian menggunakan data permintaan dari periode Maret 2024. Pemangku kepentingan memberikan umpan balik bahwa hasil rancangan sudah sesuai dengan target yang diharapkan dan dapat diimplementasikan dalam operasi distribusi perusahaan. Selain itu, sistem perancangan rute yang baru juga memberikan fleksibilitas lebih bagi perusahaan dalam memilih opsi rute yang lebih efisien.

E. Analisis Hasil dan Evaluasi

Penelitian ini melakukan perbandingan jarak tempuh antara rute distribusi aktual dan rute usulan untuk setiap minggu pada periode Maret 2024. Hasil menunjukkan bahwa rute usulan mampu mengurangi jarak tempuh secara signifikan, yang berdampak pada penurunan biaya transportasi, terutama biaya bahan bakar.

Selain itu, analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat dampak perubahan harga bahan bakar dan kenaikan demand terhadap efektivitas rute usulan. Dari hasil pengujian, sistem yang diusulkan terbukti tetap efisien meskipun terjadi peningkatan biaya bahan bakar atau kenaikan demand. Evaluasi ini memberikan keyakinan bahwa rute yang dihasilkan tidak hanya optimal dalam kondisi normal, tetapi juga mampu menyesuaikan dengan perubahan variabel-variabel operasional yang mungkin terjadi di masa depan. Terakhir, implikasi manajerial dari studi ini menekankan pentingnya mempersiapkan data dengan benar, termasuk matriks jarak dan data demand, agar sistem yang diusulkan dapat berjalan dengan optimal dan memberikan hasil yang akurat dalam proses distribusi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, perancangan rute distribusi produk pestisida menggunakan software OR-Tools telah mencapai hasil yang optimal dibandingkan rute distribusi sebelumnya. Rute usulan yang diujikan dengan data dari periode Maret 2024 menunjukkan penurunan jarak tempuh sebesar 47% dibandingkan jarak tempuh aktual. Penurunan ini terjadi secara konsisten setiap minggunya, dengan rincian minggu pertama sebesar 51%, minggu kedua 50%, minggu ketiga 42%, dan minggu keempat 46%. Selain itu, biaya bahan bakar juga berhasil diminimalkan hingga 53% dibandingkan biaya transportasi rute aktual. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa rute distribusi yang

diusulkan telah memenuhi tujuan utama untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi.

REFERENSI

- [1] M. A. Waller and S. E. Fawcett, "The SCM knowledge supply chain: Integrating world views to advance the discipline," *J. Bus. Logist.*, vol. 35, no. 4, pp. 277–280, 2014, doi: 10.1111/jbl.12076.
- [2] T. T. Sang, N. Minh Thu, T. Hoang Khoi, N. Thi Kim Huong, L. T. N. Lan, and N. Van Thanh, "The Optimization of Transportation Costs in Logistics Enterprises during the Covid-19 Pandemic," *ARRUS J. Math. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 62–71, 2021, doi: 10.35877/mathscience567.
- [3] S. Kristina, R. D. Sianturi, and R. Husnadi, "Penerapan Model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Google OR-Tools untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF)," *J. Telemat.*, vol. 15, no. 2, pp. 101–106, 2021, doi: 10.61769/telematika.v15i2.359.