

PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK PESTISIDA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE OR TOOLS UNTUK MEMINIMASI JARAK TEMPUH DAN BIAYA TRANSPORTASI DI PT ABC

Ringgon Ramadhan¹
Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

gonskuy@student.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 mengangur 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:

a. Perencanaan Rute dan Jaringan Distribusi

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

b. Penjadwalan Pengiriman

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

c. Manajemen Stok

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

d. Pemilihan Moda Transportasi

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

e. Pengendalian Biaya

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

f. Manajemen Informasi

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

g. Penanganan Resiko

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

h. Koordinasi dan Kolaborasi

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

i. Peningkatan Efisiensi

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

j. Pelayanan Pelanggan

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

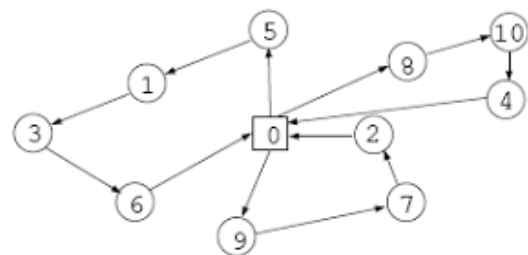
C. Vehicle Routing Problem (VRP)

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:

- Letak pelanggan dihubungkan melalui graf.
- Pelanggan memiliki permintaan yang berbeda-beda.
- Waktu pengiriman melibatkan batasan waktu (time window).
- 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.

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

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

b. *CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem)*

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

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

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

d. *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).

e. *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.

f. *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).

g. *VRPBTW (Vehicle Routing Problem with Backhaul and Time Windows)*

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

h. *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

a. Pendahuluan

Pada Tahap ini dilakukan indentifikasi 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.

b. 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 Gudang perusahaan
		Data kendaraan pengiriman
		Data jarak tempuh
		Data pembiayaan kendaraan
		Data hasil bahan bakar
		Data konsumsi bahan bakar

c. 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 transportasi usulan

d. 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).

e. 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.

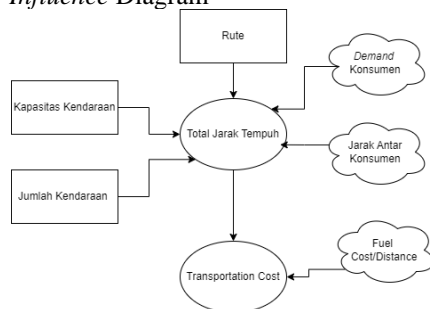
IV. PERANCANGAN SISTEM TERINTEGRASI

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



Gambar 2 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
DEPOT	0	2400	7200	36000	25200	85800	60600	211000	202000	122000	298000	198000	216000	212000	49600	87900	291000	148000
J1	2400	0	6600	33000	22800	86700	61500	212000	203000	123000	299000	199000	217000	213000	49700	88000	292000	149000
J2	7200	6600	0	9000	26000	103000	59700	218000	209000	124000	300000	200000	218000	214000	50000	88100	293000	150000
J3	36000	33000	9000	0	49300	90100	29000	241000	232000	135000	306000	206000	226000	220000	48800	91100	294000	151000
J4	25200	22800	26000	49300	0	17200	69000	181000	182000	69800	317000	217000	197000	215000	42800	107000	305000	152000
J5	85800	86700	103000	90100	17200	0	62000	205000	214000	139000	380000	188000	148000	210000	381000	341000	170000	146000
J6	60600	61500	59700	29000	69000	62000	0	216000	247000	149000	347000	213000	202000	215000	179000	47000	108000	144000
J7	211000	212000	218000	241000	181000	205000	216000	0	103000	156000	56000	4600	421000	214000	286000	131000	68100	
J8	202000	203000	209000	232000	182000	182000	248000	149000	0	104000	64000	4200	436000	205000	288000	132000	59000	
J9	122000	123000	124000	135000	69800	139000	134000	161000	107000	0	107000	107000	175000	203000	92100	176000	262000	105000
J10	298000	299000	300000	306000	317000	380000	347000	347000	347000	107000	0	98000	354000	293000	184000	252000	94700	
J11	198000	199000	200000	206000	197000	188000	209000	188000	188000	107000	98000	0	194000	194000	194000	203000	124000	
J12	216000	217000	218000	226000	187000	210000	253000	246000	4200	107000	107000	107000	0	390000	390000	390000	344000	73600
J13	212000	213000	214000	220000	215000	182000	197000	412000	363000	293000	354000	344000	390000	0	197000	264000	92300	339000
J14	49600	49700	50000	48800	42800	34100	42000	214000	92100	203000	174000	159000	197000	197000	0	128000	130000	144000
J15	87900	88000	88100	91100	107000	172000	104000	288000	289000	176000	384000	283000	283000	283000	138000	0	228000	238000
J16	291000	292000	293000	294000	148000	148000	148000	148000	148000	344000	344000	344000	344000	344000	92300	128000	0	291000
J17	148000	149000	150000	151000	152000	153000	154000	155000	156000	293000	294000	295000	296000	297000	298000	299000	291000	0

Gambar 3 Distance 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.

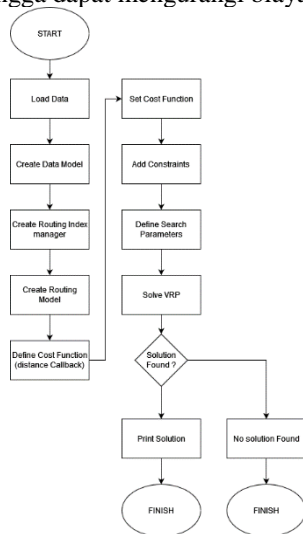
Tabel 2 Rute Distribusi Aktual

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

a. 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

b. Perbandingan Jarak Tempuh Distribusi Usulan

Berikut perbandingan hasil jarak tempuh usulan distribusi dari hasil *testing* perbandingan 4 algoritma pencarian dengan algoritma *heuristic* 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.

c. 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
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

d. 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

a. 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.

b. 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.