

OPTIMALISASI JALUR DISTRIBUSI TELUR PADA CV ADI MAKMUR DENGAN PEMODELAN ATSP (ASYMMETRIC TRAVEL SALESMAN PROBLEM)

Putri Kanza Suherman¹, Pandega Azrayudha Ramadhan²
D-III Manajemen Logistik, Poliklinik Transportasi Darat Bali, Bali
E-mail: Putrikanza2000@gmail.com¹

ABSTRAK

Distribusi barang, khususnya kebutuhan pokok seperti telur, merupakan aspek penting dalam rantai pasok. CV Adi Makmur menghadapi tantangan dalam menentukan rute distribusi yang efisien untuk menekan biaya dan meningkatkan ketepatan waktu. Penelitian ini mengoptimalkan jalur distribusi menggunakan pendekatan Asymmetric Travelling Salesman Problem (ATSP), yang memperhitungkan jarak tempuh tidak simetris antar lokasi. Metode penelitian mencakup pengumpulan data jarak, pemodelan ATSP, dan analisis rute optimal dengan software pendukung. Hasilnya menunjukkan penghematan jarak tempuh dibandingkan rute konvensional. Pendekatan ATSP memungkinkan CV Adi Makmur merancang rute yang lebih efisien dan ekonomis, serta meningkatkan daya saing perusahaan.

Kata kunci

Distribusi telur, CV Adi Makmur, ATSP, Rute Terpendek, Optimalisasi Logistik

ABSTRACT

Goods distribution is essential in the supply chain, especially for staple commodities like eggs. CV Adi Makmur faces challenges in optimizing delivery routes to lower costs and improve timeliness. This study applies the Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) to account for uneven distances between distribution points. The methodology involves collecting distance and delivery sequence data, modeling the problem with ATSP, and analyzing optimal routes using software tools. Results show a notable reduction in travel distance compared to existing routes. By using the ATSP approach, CV Adi Makmur can achieve more efficient and cost-effective distribution, strengthening its competitiveness. This study offers valuable insights for strategic logistics planning.

Keywords

Egg distribution, CV Adi Makmur, ATSP, Shortest Route, Logistics Optimization

1. PENDAHULUAN

Distribusi adalah serangkaian organisasi yang saling terkait dan terlibat dalam proses penyampaian atau penyaluran barang dan jasa guna memenuhi kebutuhan pelanggan. (Iqbal Nasution et al., 2022) Dalam konteks distribusi komoditas pangan seperti telur, efektivitas dan efisiensi distribusi sangat menentukan tingkat kepuasan pelanggan serta biaya operasional perusahaan. Permasalahan umum yang sering terjadi dalam proses distribusi adalah pemilihan rute pengiriman yang tidak optimal, yang berakibat pada meningkatnya waktu tempuh, konsumsi bahan bakar, serta biaya pengiriman.

CV Adi Makmur adalah salah satu perusahaan distribusi telur yang beroperasi di wilayah Banten dan sekitarnya. Dalam menjalankan aktivitas distribusinya, perusahaan menghadapi kendala dalam menentukan urutan pengiriman yang paling efisien, terutama karena kondisi jarak antar lokasi yang tidak selalu simetris—artinya, jarak dari titik A ke B

tidak selalu sama dengan jarak dari B ke A. Permasalahan seperti ini tidak dapat diselesaikan secara efektif dengan metode rute sederhana dan memerlukan pendekatan komputasional yang lebih kompleks.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah Asymmetric Travel Salesman Problem (ATSP), yaitu varian dari permasalahan Traveling Salesman Problem (TSP) yang memperhitungkan ketidaksimetrian jarak antar lokasi. Dengan menggunakan model ATSP, perusahaan dapat menentukan rute pengiriman terpendek yang dimulai dari titik awal, mengunjungi seluruh lokasi distribusi tanpa pengulangan, dan kembali ke titik awal dengan jarak tempuh minimum.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rute distribusi yang lebih optimal bagi CV Adi Makmur, sehingga mendukung efisiensi operasional dan peningkatan kualitas layanan distribusi. Pemanfaatan metode ATSP juga diharapkan dapat menjadi solusi strategis dalam pengelolaan sistem distribusi yang kompleks dan dinamis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) yang bersifat kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada CV Adi Makmur. Tujuannya adalah untuk menerapkan metode Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) dalam optimalisasi rute distribusi komoditas telur agar efisien dan ekonomis.

2.1 Traveling Salesman Problem (TSP)

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah salah satu permasalahan klasik dalam teori graf dan optimasi kombinatorik, di mana seorang "salesman" harus mengunjungi sejumlah kota sekali saja dan kembali ke kota asal dengan total jarak tempuh minimum. (Wawan Saputra, 2022) Permasalahan ini termasuk ke dalam permasalahan NP-Hard dan banyak diterapkan dalam dunia nyata, seperti perencanaan rute distribusi, pengiriman barang, hingga jaringan komputer.

TSP konvensional biasanya diasumsikan memiliki jarak yang simetris, artinya jarak dari kota A ke kota B sama dengan dari B ke A. Namun dalam kenyataan, jarak atau waktu tempuh bisa berbeda karena kondisi jalan, arah lalu lintas, atau infrastruktur.

2.2 Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP)

Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) merupakan pengembangan dari TSP di mana jarak antar titik bersifat tidak simetris (Tisen, 2019) Dalam konteks distribusi nyata seperti yang dialami oleh CV Adi Makmur, kondisi jalan satu arah, kemacetan, atau perbedaan infrastruktur dapat menyebabkan jarak tempuh dari satu titik ke titik lainnya tidak sama jika arah perjalanan dibalik.

Pemodelan ATSP menggunakan representasi graf berarah dan matriks jarak tidak simetris. Penyelesaian ATSP biasanya dilakukan menggunakan pendekatan algoritma eksak (seperti Branch and Bound), heuristik (seperti Nearest Neighbour), atau metaheuristik (seperti Simulated Annealing, Genetic Algorithm, dsb). Dalam penelitian ini, pendekatan pemrograman atau software khusus akan digunakan untuk menyelesaikan ATSP secara praktis.

2.3 Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada CV Adi Makmur, sebuah perusahaan distribusi komoditas telur yang berlokasi di Jalan Kesumayudha, Desa Tiga, Kecamatan Susut, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali 80661. CV Adi Makmur merupakan salah satu distributor

telur ayam ras yang aktif melakukan pengiriman ke berbagai wilayah di Bali, seperti Denpasar, Gianyar, Bangli, Klungkung, dan sekitarnya. Lokasi gudang yang berada di wilayah tengah pulau Bali menjadikan perusahaan ini strategis sebagai titik pusat distribusi. Kegiatan pengiriman dilakukan setiap hari dengan rute yang bervariasi tergantung jumlah permintaan dan lokasi pelanggan. Oleh karena itu, pemilihan rute yang efisien sangat penting agar distribusi berjalan lebih cepat, hemat biaya, dan tepat sasaran.

2.4 Data dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- a. Data primer: Data jarak antar lokasi distribusi yang diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan peta digital (Google Maps).
- b. Data sekunder: Data jumlah konsumen, rute distribusi saat ini, dan informasi pendukung lainnya yang diperoleh dari dokumen internal perusahaan.

2.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode. Pertama, wawancara dilakukan kepada pihak manajemen dan staf distribusi CV Adi Makmur untuk memperoleh informasi mengenai kondisi operasional dan sistem distribusi yang selama ini diterapkan. Kedua, observasi langsung dilakukan dengan cara mengikuti dan mengamati proses distribusi di lapangan untuk mencatat rute yang dilalui, urutan pengantaran, serta perilaku operasional lainnya. Ketiga, dilakukan pengambilan data jarak antar titik distribusi menggunakan bantuan tools digital seperti Google Maps untuk menyusun matriks jarak antar lokasi yang menjadi dasar pemodelan rute distribusi dengan pendekatan ATSP.

2.6 Teknik Analisis Data

Langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

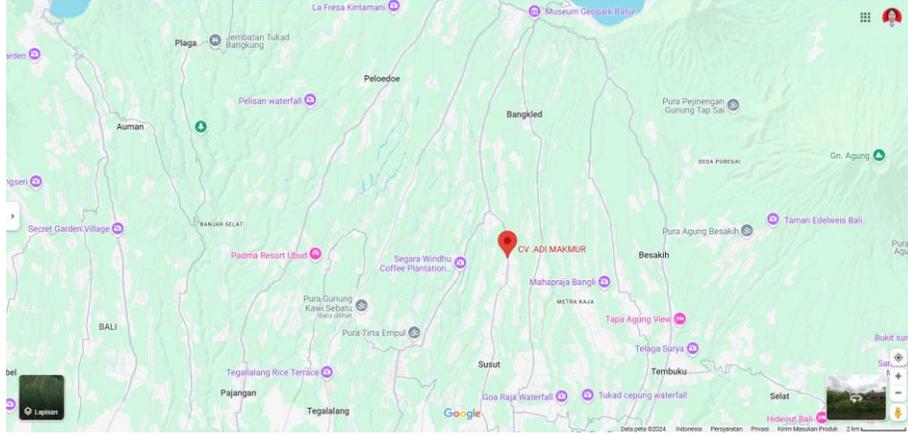
- a. Menyusun daftar lokasi distribusi dan mengidentifikasi titik awal (gudang pusat).
- b. Menyusun matriks jarak antar lokasi (distance matrix) dengan asumsi jarak tidak simetris.
- c. Memodelkan permasalahan dalam bentuk ATSP.
- d. Menggunakan software atau algoritma pemrograman (misalnya dengan bantuan solver di Excel, Python, atau perangkat lunak khusus ATSP) untuk menentukan solusi rute terpendek.
- e. Melakukan interpretasi hasil dan membandingkan dengan rute distribusi aktual yang digunakan oleh perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Deskripsi Umum CV Adi Makmur

CV Adi Makmur merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang distribusi komoditas pangan, khususnya telur ayam ras, yang berlokasi di Jl. Kesumayudha, Desa Tiga, Kecamatan Susut, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali 80661. Perusahaan ini memiliki peran penting dalam penyediaan kebutuhan telur ayam untuk berbagai wilayah di Pulau Bali, terutama kepada toko kelontong, pedagang pasar, rumah makan, dan pelanggan tetap lainnya.



Gambar 1 Peta Lokasi Cv Adi Makmur

CV. Adi Makmur merupakan perusahaan yang berdiri pada tahun 2014 dengan usaha awal menjual pakan ternak babi, kemudian berkembang ke penjualan pakan ternak ayam. Pada tahun 2018, perusahaan mulai merambah ke usaha peternakan ayam petelur yang mengalami perkembangan pesat karena peluang pasar yang menjanjikan pada saat itu. Hingga saat ini, usaha tersebut terus berkembang dan menjalin kerja sama dengan banyak supplier, bahkan pengiriman produk telah menjangkau luar Bali. Modal awal usaha berasal dari hasil kerja pemilik di kapal pesiar, serta didukung dengan kepemilikan lahan yang cukup luas untuk membangun gudang dan kandang ayam. Per Agustus 2024, CV. Adi Makmur memiliki 20 kandang ayam dengan jumlah populasi mencapai 26.787 ekor, di mana rata-rata produksi harian masing-masing kandang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Rata Rata Produksi

Tanggal	Jumlah Telur (butir)	Harga (Rupiah)
01/08/2024	20,844	29,824,952
02/08/2024	20,764	29,907,801
03/08/2024	20,726	29,720,873
04/08/2024	20,677	29,694,900
05/08/2024	20,572	18,915,000
06/08/2024	21,043	30,352,070
07/08/2024	20,983	30,174,668
08/08/2024	21,271	30,684,421
09/08/2024	15,361	22,172,411
10/08/2024	21,032	21,271,500
11/08/2024	18,658	18,428,000
12/08/2024	18,955	27,274,495
13/08/2024	18,976	27,442,837
14/08/2024	18,734	26,964,576
15/08/2024	14,954	21,567,085
16/08/2024	18,466	26,759,575
17/08/2024	20,11	29,368,407
18/08/2024	16,247	23,691,313

Tanggal	Jumlah Telur (butir)	Harga (Rupiah)
19/08/2024	15,48	22,578,380
20/08/2024	15,784	23,048,772
21/08/2024	17,68	25,761,503
22/08/2024	17,24	25,189,891
23/08/2024	17,334	25,216,812
24/08/2024	19,163	27,849,988
25/08/2024	17,072	25,008,278
26/08/2024	17,297	25,348,079
27/08/2024	17,222	24,998,987
28/08/2024	19,182	28,335,993
29/08/2024	17,431	24,644,887
30/08/2024	17,234	24,508,276
31/08/2024	16,577	23,455,581
TOTAL	573,069	828,236,222

Berdasarkan **Tabel 1**, rata-rata penghasilan telur setiap harinya dihitung sebagai berikut

$$\text{Rata - rata harian} = \frac{\text{Total satu bulan}}{\text{Total hari dalam satu bulan}}$$

$$\text{Rata - rata harian} = \frac{573,069}{31}$$

Rata-rata harian = 18.486 butir telur/hari

Harga telur setiap hari berubah sesuai dengan harga pasaran yakni permintaan dan penawaran dipasar. Harga satu butir telur per Agustus 2024 dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Harga satu butir telur} = \frac{\text{Harga total}}{\text{Harga butir telur}}$$

$$\text{Harga satu butir telur} = \frac{822.236.222}{573.069}$$

$$\text{Harga satu butir telur} = 1.445 \Rightarrow 1,500$$

3. 1. 2 Tujuan Distribusi Dan Jumlah Distribusi

CV. Adi Makmur memiliki tujuan distribusi di dalam pulau dan diluar pulau. Distribusi dalam pulau terdiri dari 4 (empat) lokasi, yakni Pasar Badung, Pasar Klungkung, Pasar Agung Peninjoan dan Pasar Gianyar. Tujuan luar pulau merupakan Lombok, untuk menuju Lombok, menggunakan 2 pelabuhan utama, yakni pelabuhan Padang Bai dan Pelabuhan Sanur.

Tabel menunjukkan total minimum dalam satu kali distribusi sebanyak 38.000 butir telur dengan rincingan setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Total Distribusi

Asal	Tujuan	Jarak	Waktu tempuh	Jumlah telur (butir)
CV. Adi Makmur	Pasar Badung	48,2 Km	1 Jam 31 menit	4.000
	Pasar Klungkung	28 Km	48 menit	4.000
	Pasar Agung Peninjoan	45,3 Km	1 Jam 6 menit	4.000
	Pasar Gianyar	20,5 Km	36 menit	4.000
	Pelabuhan Padang Bai	41,9 Km	1 Jam	11.000
	Pelabuhan Sanur	43,4 Km	1 Jam 22 menit	11.000
Total minimal dalam satu kali distribusi				38.000

Distribusi oleh CV. Adi Makmur dilakukan setiap 2 hari sekali setelah panen dari seluruh kandang. Dari total produksi setiap dua hari, 40% akan didistribusikan di dalam pulau dan 60% didistribusikan ke luar pulau Lombok. Sehingga jumlah telur yang didistribusikan dalam pulau dapat dihitung dengan;

$$\text{Jumlah distribusi dalam pulau} = 40\% \times \text{Jumlah total distribusi}$$

$$\text{Jumlah distribusi dalam pulau} = 60\% \times \text{Jumlah total distribusi}$$

Pendistribusian lebih besar ke luar pulau disebabkan oleh faktor permintaan dan penawaran. Permintaan di dalam pulau, khususnya di kabupaten Bangli sendiri sudah sangat terpenuhi, sehingga memaksa pengusaha mendistribusikan keluar daerah. Lombok menjadi pilihan didistribusi dari pada pulau Jawa, dikarenakan sistem penjualan kepulauan Jawa berdasarkan hitungan kilogram, dimana hitungan kilogram tidak digunakan oleh perusahaan. Perusahaan CV. Adi Makmur menggunakan hitungan per butir telur.

Jika perusahaan mengirimkan telur ke masing-masing lokasi distribusi dengan jumlah minimal distribusi per lokasi, maka pemasukan yang didapatkan oleh CV. Adi Makmur dapat dihitung dengan:

$$\text{Pendapatan penjualan} = \text{Harga per butir} \times \text{total minimal telur dalam sehari}$$

$$\text{Pendapatan penjualan} = 1.500 \times 38.000$$

$$\text{Pendapatan penjualan} = 57.000.000$$

Sehingga pendapatan penjualan telur per minimal jumlah telur dalam satu kali distribusi sebesar Rp 57.000.000, 00

3. 1. 3 Rute Distribusi

Rute distribusi CV. Adi Makmur menyentuh 6 titik distribusi dengan total jarak yang ditempuh 196,7 kilometer, rute ini ditempuh dengan kecepatan 40km/jam sehingga waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak 196,7 kilometer dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$W = \frac{J}{K}$$

$W = J/K$

W = Waktu

J = Jarak

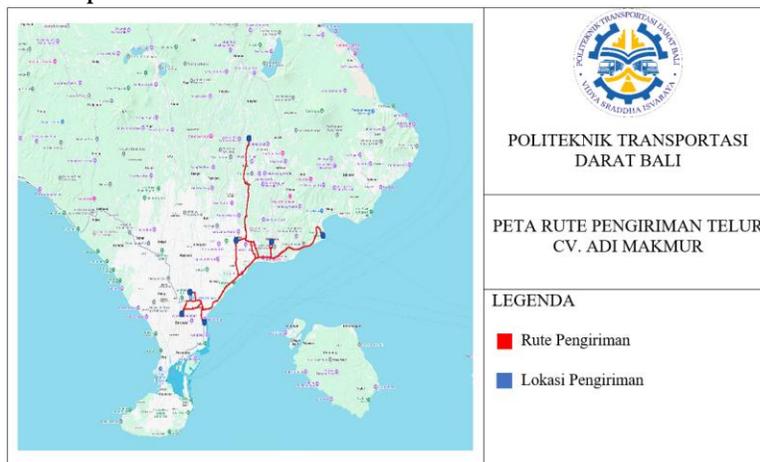
Maka, hasil perhitungan waktu dapat dilihat pada penyelesaian berikut;

$$W = \frac{196,7}{40}$$

$$W = 295,05 \text{ menit}$$

Waktu tempuh selama 295,05 menit selanjutnya disebut sebagai "Waktu Tempuh Rute 1".

Rute diawali dari CV. Adi Makmur → Pasar Badung → Pasar Klungkung → Pasar Agung Peninjoan → Pasar Gianyar → Pelabuhan Padang Bai → Pelabuhan Sanur. Rute distribusi dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Peta Rute Pengiriman Telur

Rute pada gambar ditentukan oleh perusahaan berdasarkan urutan waktu konsumen meminta suplay telur kepada pihak perusahaan, sehingga rute distribusi perusahaan relative berubah disetiap kegiatan distribusi. Rute pada gambar merupakan rute distribusi pada 31 Agustus 2024 yang selanjutnya disebut sebagai "Rute 1"

3. 1. 4 Jenis Armada Yang Digunakan

Jenis angkutan yang digunakan oleh CV. Adi Makmur adalah truk Engkel CDE untuk satu kali distribusi dengan jumlah muat maksimal 960 kre telur atau setara dengan 172.800 butir telur. Rincian mengenai armada yang digunakan beserta gambarnya dapat dilihat pada **Tabel 3 dan Gambar 3**.

Tabel 3 Jenis Angkutan

Jenis Angkutan	Kapasitas Maksimal	Ukuran	Penjelasan
Engkel (Truck CDE)	1-3 ton	380 cm × 160 cm × 8 cm (tinggi bak)	Truk kecil dengan dua sumbu dan empat roda ini digunakan untuk pengiriman barang-barang berukuran atau volume sedang.



Gambar 3 Jenis Kendaraan

Tabel 4 Biaya Operasional

Jenis biaya	Biaya	Biaya perbulan
BBM	200.000	3.000.000
Upah tenaga kerja per hari kerja	100.000	1.500.000
Biaya maintenance	50.000	750.000
TOTAL	350.000	5.250.000

Tabel 4 menunjukkan total biaya operasional untuk kegiatan distribusi dalam sebulan sebesar 5.250 dan total biaya operasioanl dalam satu kali distribusi sebesar 350.000. Berdasarkan total biaya operasional yang diberikan perusahaan, maka dari 57,000,000 pendapatan telur akan dipotong sebesar 350.000 untuk kegiatan operasional distribusi. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut;

$$57.000.000 - 350.000 = 56.650.000$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut, maka perusahaan untung sebesar 56.650.000 dari segi biaya operasional distribusi.

3.2 PEMBAHASAN

3.2.1 Analisis Rute

Analisis rute merupakan bagian penting dari sistem distribusi untuk mengoptimalkan kegiatan distribusi baik dari segi waktu, biaya dan operasional kegiatan distribusi. Pada analisis survey rute optimal CV. Adi Makmur menggunakan metode TSP. Metode TSP (Traveling Salesman Problem) akan menentukan rute optimal yang dapat dilalui oleh CV. Adi Makmur untuk memaksimalkan total keuntungan.

Seperti dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, CV. Adi Makmur melakukan distribusi ke 6 lokasi yakni Pasar Badung, Pasar Klungkung, Pasar Agung Peninjoan, Pasar Gianyar, Pelabuhan Padang Bai, Pelabuhan Sanur. Setelah mengetahui titik lokasi pengiriman, maka dilakuakn pemetaan titik lokasi pengiriman. Dalam Tabel 5 dapat dilihat hasil plotting jarak dari CV. Adi Makmur ke seluruh lokasi pengiriman.

Tabel 5 Hasil Plotting Jarak

	CV Adi Makmur	Pasar Badung	Pasar Klungkung	Pasar Agung Peninjoan	Pasar Umu m Gianyar	Pelabuhan Padang Bai	Pelabuhan Sanur
CV Adi Makmur	0	48,2	28	45,0	20,5	43,4	44,3
Pasar Badung	48,2	0	31,3	6,4	25,7	43,9	8,5

Pasar Klungkung	28	30,7	0	28,7	11,4	16,9	27,7
Pasar Agung Peninjoan	45,3	6,3	29,1	0	20,0	41,8	8,1
Pasar Umum Gianyar	20,5	24,8	11,3	22,8	0	26,8	22,1
Pelabuhan Padang Bai	41,9	43,1	18,2	41,0	27,1	0	40,3
Pelabuhan Sanur	43,4	8,8	26,3	8,8	20,9	38,8	0

Penentuan rute pengiriman barang pada penelitian menggunakan software Asymmetric Travelling Salesman Problem (ATSP). ATSP merupakan software perhitungan dengan menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic untuk perhitungan rute secara optimal. Sebelum menginput data ke dalam software, data lokasi akan diubah dan diberikan kode untuk masing-masing Lokasi untuk memudahkan input data. Berikut merupakan keterangan kode untuk masing-masing lokasi distribusi pada Tabel 6.

Tabel 6 Kode Lokasi

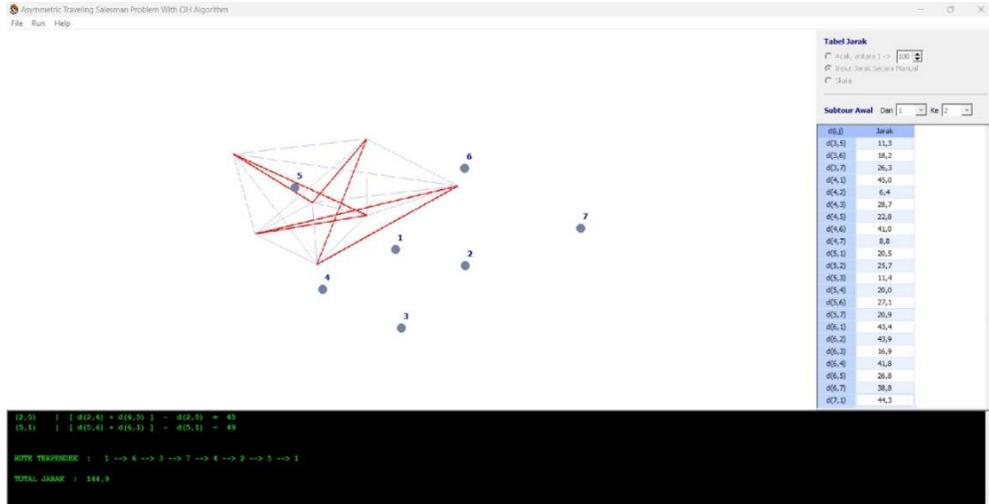
NAMA LOKASI	KODE
CV Adi Makmur	1
Pasar Badung	2
Pasar Klungkung	3
Pasar Agung Peninjoan	4
Pasar Umum Gianyar	5
Pelabuhan Padang Bai	6
Pelabuhan Sanur	7

Adapun langkah perhitungan dengan *software ATSP* sebagai berikut.

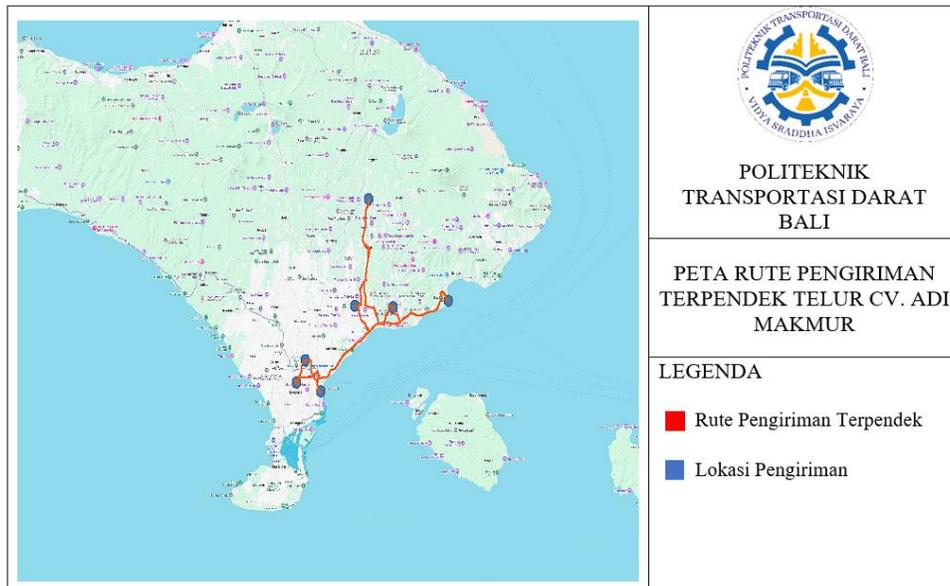
- a. Input data subtour awal dari lokasi pertama sampai dengan terakhir
- b. Menentukan subtour awal, subtour awal adalah lokasi dimulainya distribusi.
- c. Running software Asymmetric Travelling Salesman Problem (ATSP) pada menu taskbar.
- d. Hasil perhitungan ditampilkan di bawah graf

Permodelan kasus TSP ini untuk menentukan rute distribusi telur CV. Adi Makmur.

Dengan bantuan *software Asymmetric Travel Salesman Problem (ATSP)* dengan *Algoritma Cheapest Insertion Heuristic* didapatkan hasil berikut.



Berdasarkan hasil dari software ATSP, didapatkan pilihan rute terpendek dengan total jarak 144,9 kilometer. Dengan jarak 144,9 kilometer rute yang dilalui adalah CV. Adi Makmur → Pelabuhan Padang Bali → Pasar Klungkung → Pelabuhan Sanur → Pasar Agung Peninjoan → Pasar Badung → Pasar Umum Gianyar → CV. Adi Makmur. Rute hasil ATSP ini selanjutnya disebut sebagai “Rute 2”. Rute 2 dapat dilihat visualnya dalam **Gambar 5**.



Gambar 5 menunjukkan integrasi rute yang optimal dari ATSP. Rute 2 terlihat lebih jelas penggambaran dan urutan lokasi titiknya berdasarkan jarak terpendek. Waktu tempuh jarak 144,9 kilometer dengan kecepatan yang sama, yakni 40km/jam dapat dihitung sebagai berikut:

$$W = \frac{144,9}{40}$$

$$W = 217,35$$

Maka, jarak 144,9 kilometer dapat ditempuh dalam waktu 217,35 menit dengan kecepatan 40km/jam yang selanjutnya sebagai “Waktu Tempuh Rute 2”. Melihat dari hasil ATSP dan membandingkan dengan rute awal yang belum dioptimalisasi, terdapat selisih dari

segi waktu yang menunjukkan ATSP sukses menunjukkan rute optimal berdasarkan jarak tempuhnya. Selisih waktu dari kedua rute dihitung dengan:

$$\mathbf{Waktu\ selisih = Waktu\ tempuh\ rute\ 1 - Waktu\ tempuh\ rute\ 2}$$

$$Waktu\ selisih = 295,05 - 217,35$$

$$Waktu\ selisih = 77,7\ menit \Rightarrow 1\ jam\ 17,7\ menit$$

Berdasarkan perhitungan waktu selisih, maka dapat dilihat bahwa rute 2 lebih hemat waktu sebanyak 1 jam 17,7 menit.

4.2 Biaya transportasi

Biaya transportasi dalam hal ini merupakan biaya yang digunakan dalam kegiatan pengiriman telur menuju 6 titik lokasi yang telah ditentukan (Rahmawati, 2021). Biaya transportasi akan dihitung berdasarkan Rute 1 dan Rute 2, dimana masing-masing rute memiliki waktu tempuh dan jarak tempuh yang berbeda, sehingga akan berpengaruh pada biaya BBM. Biaya transportasi dalam hal ini dihitung dengan menjumlahkan *Fixed Cost* dengan *Variable Cost*. Berikut persamaan dari *Fixed Cost* dan *Variable Cost*:

$$\mathbf{Fixed\ Cost = Upah\ tenaga\ kerja + Biaya\ maintenance}$$

$$Variable\ Cost = Biaya\ BBM$$

Maka, Rute 1 dan Rute 2 dapat dihitung masing-masing biayanya sebagai berikut:

$$Fixed\ Cost\ Rute\ 1 = 200.000 + 50.000$$

$$Fixed\ Cost\ Rute\ 1 = 250.000$$

Untuk menentukan *Variable Cost*, diumpamakan harga bensin dalam satu kilometer adalah Rp 900,00. Maka, *Variable Cost* Rute 2 dapat dihitung sebagai berikut;

$$Variable\ Cost\ Rute\ 1 = 295,05\ km \times 900$$

$$Variable\ Cost\ Rute\ 1 = Rp\ 177.030,00$$

Maka, total cost dapat diketahui dengan menjumlahkan *Fixed cost* dengan *Variable Cost*. Total cost rute 1 dihitung, sebagai berikut:

$$\mathbf{Total\ Cost = Fixed\ Cost + Variable\ Cost}$$

$$Total\ Cost\ Rute\ 1 = 250.000 + 177.030$$

$$Total\ Cost\ Rute\ 1 = 427.030$$

Selanjutnya dihitung total cost rute 2 sebagai rute optimal, agar dapat ditentukan apakah total cost pada rute 2 juga optimal. Berikut merupakan perhitungan total cost rute 2:

$$Fixed\ Cost\ Rute\ 2 = 200.000 + 50.000$$

$$Fixed\ Cost\ Rute\ 2 = 250.000$$

$$Variable\ Cost\ Rute\ 2 = 144,9\ km + 900$$

$$Variable\ Cost\ Rute\ 2 = 130.410$$

$$Total\ Cost\ Rute\ 2 = 250.000 + 130.410$$

$$Total\ Cost\ Rute\ 2 = 380.410$$

Maka, Total Cost Rute 1 > Total Cost Rute 2

$$\mathbf{Selisih\ Cost = Total\ Cost\ Rute\ 1 - Total\ Cost\ Rute\ 2}$$

$$Selisih\ Cost = 427.030 - 380.410$$

$$Selisih\ Cost = 46.620$$

Dengan membandingkan total cost rute 1 dan rute 2, dapat dilihat bahwa total cost rute 2 lebih hemat sebesar 46.620 dalam sekali distribusi. Perusahaan memberikan biaya operasional untuk kegiatan distribusi sebesar 500.000, dalam rute 1 digunakan sebesar 427.000. Menggunakan rute 1 sudah tergolong menghemat biaya pengiriman, namun dengan rute 2 hanya digunakan sebesar 370.410. Menggunakan rute 2 dapat menghemat biaya operasional sebesar 129.590, jauh lebih hemat bila dibandingkan dengan rute 1.

4.4 Validasi Kondisi Exiting Jalan

Validasi kondisi exiting jalan merupakan analisis inventaris jalan yang dilaksanakan dalam kegiatan Project Based Learning untuk menganalisis lebih lanjut mengenai kelayakan jalan yang akan dilalui oleh armada milik perusahaan (Romadhona & Fauzi, 2018). Survei dilaksanakan dengan bantuan software Google Earth untuk mengetahui nama jalan, jenis jalan, lebar jalur, lebar lajur serta panjang jalan. Rute yang akan disurvei kelayakan kondisi jalannya adalah Rute 2 yang merupakan hasil optimalisasi software ATSP.

Sebelum mendata nama-nama jalan yang dilalui, dilakukan pengkodean untuk setiap titik ke titik yang dilalui dengan kode JR A sampai dengan JR G.

JR A = CV. Adi Makmur → Pelabuhan

JR B = Pelabuhan Padang Bali → Pasar Klungkung

JR C = Pasar Klungkung → Pelabuhan Sanur

JR D = Pelabuhan Sanur → Pasar Agung Peninjoan

JR E = Pasar Agung Peninjoan → Pasar Badung

JR F = Pasar Badung → Pasar Umum Gianyar

JR G = Pasar Umum Gianyar → CV. Adi Makmur

Tabel 7 Jalan Yang Dilalui Rute Terpendek

No	JALAN YANG DILALUI RUTE PERHITUNGAN ATSP						
	JR A	JR B	JR C	JR D	JR E	JR F	JR G
1	Jalan Kesumayuda	Jalan Padang Bai	Jalan Untung Surapati	Jalan Matahari Terbit	Jalan Gajah Mada	Jalan Gajah Mada	Jalan Astina Timur
2	Jalan Putra Yuda	Jalan Kosamba	Jalan Batu Tabuh	Bypass Ngurah Rai	Jalan Veteran	Jalan Veteran	Jalan Tukad Melangit
3	Jalan Brigjen Ngurah Rai	Jalan Angentelu	Jalan Raya Takmung	Jalan Waribang	Jalan Suli	Jalan Patimura	Jalan Gunung Lempuyang
4	Jalan Merdeka	Jalan Prof Ida Bagus Mantra	Jalan Prof. Ida Bagus Mantra	Jalan Sulatri	Jalan Gatot Subroto Timur	Jalan Wr.Supratman	Jalan Manuk Swari
5	Jalan Tulikup	Jalan Rama	Bypass Ngurah Rai	Jalan Trengguli	Jalan Seroja	Bypass Ngurah Rai	Jalan Putra Yuda
6	Jalan Prof. Ida Bagus Mantra	Jalan Raya Samplangan	Jalan Matahari terbit	Jalan Padma	Jalan Padma	Jalan Prof. Ida Bagus Mantra	Jalan Kesumayuda
7	Jalan Kosamba	Jalan Bima				Jalan Selukat	
8	Jalan Angentelu	Jalan Diponegoro				Jalan Maruti	

No	JALAN YANG DILALUI RUTE PERHITUNGAN ATSP						
	JR A	JR B	JR C	JR D	JR E	JR F	JR G
9	Jalan Padang Bai					Jalan Mulawarna	
10						Jalan Berata	

Berdasarkan survei jalan yang terdapat pada **Tabel 7**, beberapa titik melalui jalan yang sama. Jalan Kesumayudha dilalui sebanyak 2 kali, Jalan Putra Yuda dilalui sebanyak 2 kali, Jalan Padang Bai dilalui sebanyak 2 kali, Baypass Ngurah Rai dilalui sebanyak 2 kali, Jalan Gajah Mada sebanyak 2 kali, Jalan Veteran sebanyak 2 kali serta yang paling banyak dilalui adalah Jalan Prof Ida Bagus Mantra dilalui sebanyak 3 kali. Berdasarkan data jalan pada tabel, selanjutnya akan dilakukan analisis kesesuaian PKJI melalui survei tipe jalur, panjang jalan, lebar jalur dan lebar lajur yang dapat dilihat dalam tabel.

Tabel 8 Hasil Survei Inventaris Jalan

No	Nama Jalan	TIPE JALAN	PANJANG JALAN HASIL SURVEI	HASIL SURVEI		PENDEKATAN PKJI	
				Lebar Jalur 2 Arah (m)	Lebar Lajur (m)	Lebar Jalur Efektif 2 Arah (m)	Lebar Lajur Efektif 2 Arah (m)
1	Jalan Kesumayuda	2/2 TT	5,6 km	4,89	2,445	5	2,5
2	Jalan Putra Yuda	2/2 TT	6,90 km	5,13	2,565	5	2,5
3	Jalan Brigjen Ngurah Rai	2/2 TT	1,71 km	9	4,5	9	4,5
4	Jalan Merdeka	2/2 TT	1,96 km	5,68	2,84	6	3
5	Jalan Tulikup	2/2 TT	1,29 km	6,54	3,27	7	3,5
6	Jalan Prof. Ida Bagus Mantra	4/2 TT	26,29 km	20,12	5,03	20	5
7	Jalan Kosamba	2/2 TT	3,21 km	5,99	2,995	6	3
8	Jalan Angentelu	2/2 TT	3,21 km	5,97	2,985	6	3
9	Jalan Padang Bai	2/2 TT	3,36 km	6,55	2,71	7	3,5
10	Jalan Rama	2/2 TT	1,14 km	8,56	4,47	9	4,5
11	Jalan Raya Samplangan	2/2 TT	1,03 km	8,97	4,03	9	4,5
12	Jalan Bima	2/2 TT	0,50 km	4,62	2,31	5	2,5
13	Jalan Diponegoro	2/2 TT	0,55 km	6,97	4	7	3,5
14	Jalan Surapati	2/2 TT	0,45 km	8,74	4,16	9	4,5
15	Jalan Batu Tabih	2/2 TT	1,23 km	7,05	3,79	7	3,5
16	Jalan Raya Takmung	2/2 TT	2,22 km	7,59	3,01	8	4
17	Bypass Ngurah Rai	4/2 TT	12,50 km	9,12	5,22	9	2,25

No	Nama Jalan	TIPE JALAN	PANJANG JALAN HASIL SURVEI	HASIL SURVEI		PENDEKATAN PKJI	
				Lebar Jalur 2 Arah (m)	Lebar Lajur (m)	Lebar Jalur Efektif 2 Arah (m)	Lebar Lajur Efektif 2 Arah (m)
18	Jalan Matahari Terbit	2/2 TT	0,63 km	10,2	4,8	10	5
19	Jalan Waribang	2/2 TT	1,52 km	7,76	3,24	8	4
20	Jalan Sulatri	2/2 TT	1,21 km	6,68	3,58	7	3,5
21	Jalan Trengguli	2/2 TT	1,36 km	6,27	3,65	6	3
22	Jalan Padma	2/2 TT	1,77 km	5,94	2,12	6	3
23	Jalan Gajah Mada	2/2 TT	0,68 km	7,48	3,38	8	4
24	Jalan Veteran	2/2 TT	0,73 km	8,77	4,64	9	4,5
25	Jalan Suli	2/2TT	1,54 km	7,16	3,19	7	3,5
26	Jalan Gatot Subroto Timur	4/2 TT	3,61 km	11,51	5,78	12	3
27	Jalan Seroja	2/2 TT	1,18 km	6,19	2,9	6	3
28	Jalan Patimura	2/2 TT	0,74 km	8,24	3,4	8	4
29	Jalan Wr. Supratman	2/2 TT	4,92 km	9,81	4,92	10	5
30	Jalan Selukat	2/2 TT	2,38 km	4,96	2,48	5	2,5
31	Jalan Maruti	2/2 TT	0,93 km	5,27	2,52	5	2,5
32	Jalan Mulawarman	2/2 TT	2,50 km	5,81	2,95	6	3
33	Jalan Berata	2/2 TT	0,75 km	4,24	2,23	4	2
34	Jalan Astina Timur	2/2 TT	1,16 km	7,23	3,59	7	3,5
35	Jalan TuKad Melangit	2/2 TT	0,45 km	4,97	2,485	5	2,5
36	Jalan Gn, Lempuyang	2/2 TT	1,16 km	4,29	2,145	4	2
37	Jalan manuk swari	2/2 TT	0,93 km	7,38	3,69	7	3,5

Setelah melaksanakan survei inventaris jalan melalui media Google Earth, terdapat hasil yang terjabarkan pada tabel. Dilihat dari tabel, seluruh jalan mayoritas memiliki tipe jalan 2/2 TT serta terdapat 3 jalan dengan tipe 4/2 TT yakni Jalan Prof Ida Bagus Mantra, Baypass Ngurah Rai serta Jalan Gatot Subroto Timur. Berdasarkan data tabel dapat dikaitkan dengan jenis armada yang digunakan oleh CV. Adi Makmur yakni memenuhi standar kelas jalan III sehingga bisa melalui seluruh jalan pada rute optimal ATSP.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rute distribusi telur oleh CV Adi Makmur sebelumnya disusun secara manual tanpa pertimbangan optimasi jarak dan waktu, sehingga menghasilkan total jarak tempuh sebesar 196,7 km dengan estimasi waktu perjalanan 295,05 menit. Melalui penerapan metode Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) dengan algoritma Cheapest Insertion Heuristic, diperoleh rute alternatif yang lebih efisien, yaitu dengan total jarak tempuh 144,9 km dan

waktu perjalanan 217,35 menit. Rute ini tidak hanya menghemat waktu tempuh sekitar 1 jam 17 menit, tetapi juga menurunkan biaya operasional distribusi dari Rp 427.000 menjadi Rp 370.410 per sekali pengiriman. Dengan demikian, perusahaan dapat menghemat hingga Rp 129.590 dari anggaran operasional yang telah ditetapkan. Selain itu, hasil survei terhadap kondisi infrastruktur jalan menunjukkan bahwa seluruh jalur dalam rute optimal dapat dilalui oleh armada angkut yang digunakan perusahaan, yaitu truk engkel CDE, tanpa kendala teknis berarti. Secara keseluruhan, penerapan model ATSP terbukti efektif dalam memberikan solusi rute distribusi yang lebih efisien dan ekonomis, serta mampu meningkatkan ketepatan waktu pengiriman dan daya saing CV Adi Makmur di pasar distribusi telur regional.

5. SARAN

Berdasarkan hasil dan temuan dari penelitian ini, disarankan agar CV Adi Makmur mulai menerapkan rute distribusi berdasarkan hasil pemodelan ATSP secara berkelanjutan, terutama pada pengiriman dengan skala besar atau rute tetap. Untuk mendukung implementasi jangka panjang, perusahaan juga disarankan mengembangkan sistem manajemen distribusi berbasis teknologi informasi guna mempermudah pemantauan rute dan pengambilan keputusan secara real-time. Selain itu, perusahaan sebaiknya mempertimbangkan variabel tambahan seperti waktu tempuh aktual, kondisi lalu lintas, dan kapasitas kendaraan pada pengembangan model selanjutnya agar hasil optimasi lebih akurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, R. (2018). Analisis Strategi Pengembangan Produk dan Saluran Dstribusi Dalam Meningkatkan Volume Penjualan Pada Perusahaan Roti Bolu Mawar Arum Magetan. In *Universitas Muhammadiyah Ponorogo*. (Vol. 1, Issue).
- Iqbal Nasution, M., Adrie Fachrezi, H., Darma, S., & Rahman, D. (2022). Distribusi Pasar Luar Negeri. In *Ekonomi Bisnis Manajemen dan Akuntansi (EBMA)* (Vol. 3, Issue 2).
- Rahmawati, F. (2021). ANALISIS TARIF BERDASARKAN BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN (BOK), ABILITY TO PAY (ATP), DAN WILLINGNESS TO PAY (WTP) BUS BATIK SOLO TRANS PADA MASA PANDEMI COVID-19 (STUDI KASUS KORIDOR 1 DAN 2). *Matriks Teknik Sipil*, 9(4). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i4.54964>
- Romadhona, P. J., & Fauzi, R. I. (2018). Analisis Dampak Gang pada Putaran Balik Terhadap Kinerja Ruas Jalan Raya Affandi Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(1). <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i1.2018.29-38>
- Tisen, M. (2019). Penentuan Rute Optimal Pengantaran Koran Menggunakan Travelling Salesman Problem. *Jurnal S1 Teknik Industri UNTAN*, 3(2).
- Wawan Saputra, D. (2022). Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (Studi Kasus: JNE Balige). *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2). <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1577>