

**OPTIMALISASI *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)*  
DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA  
SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI**

**TUGAS AKHIR**



**DISUSUN OLEH:**

**NI MADE MEIDA PURITASARI**

**2102009**

**PROGRAM STUDI D-III MANAGEMEN LOGISTIK**

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI**

**2024**

**OPTIMALISASI *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)*  
DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA  
SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian  
Program Studi Diploma III Manajemen Logistik  
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Logistik



**DISUSUN OLEH:**

**NI MADE MEIDA PURITASARI**

**2102009**

**PROGRAM STUDI D-III MANAGEMEN LOGISTIK**

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI**

**2024**


**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**OPTIMALISASI *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)***  
**DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA**  
**SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI**

Disusun Oleh:  
**NI MADE MEIDA PURITASARI**  
**2102009**

Disetujui untuk diajukan pada Sidang Tugas Akhir  
Program Studi Diploma III Manajemen Logistik

Menyetujui,

DOSEN PEMBIMBING I



Putu Diva Ariesthana Sadri, M.Sc.  
NIP. 19860401 201012 1 004

Tanggal : 9 Juli 2024

DOSEN PEMBIMBING II



Ahmad Sornun, S.T., M.T.  
NIP. 199004072019021001

Tanggal : 9 Juli 2024

Ditetapkan di : Tabanan

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**“OPTIMALISASI CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)  
DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA  
SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI”**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh :

**NI MADE MEIDA PURITASARI**


2102009

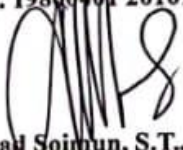
**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI  
PADA TANGGAL 25 JULI 2024  
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

**Tim Penguji**

  
**Anggun Prima Gilang Rupaka, S.P., M.Si.**  
NIP. 19870423 201902 1 003

  
**Dynes Rizky Navianti, S.Si., M.Si**  
NIP. 19900708 201902 2 001

  
**Putu Diva Ariesthana Sadri, M.Sc.**  
NIP. 19860401 201012 1 004

  
**Ahmad Soimun, S.T., M.T.**  
NIP. 19900407 201902 1 001

Mengetahui,

**KETUA PROGRAM STUDI  
MANAJEMEN LOGISTIK**

  
**Putu Diva Ariesthana Sadri, M.Sc.**  
NIP. 19860401 201012 1 004

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Ni Made Meida Puritasari, Notar 2102009, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Optimalisasi *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dan Biaya Distribusi di Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Kabupaten Gianyar Bali**", merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 10 Juli 2024

Penulis,



**Ni Made Meida Puritasari**

Notar. 2102009

## KATA PENGANTAR

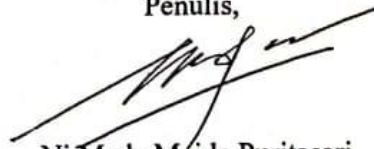
Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimalisasi *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dan Biaya Distribusi di Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Kabupaten Gianyar Bali” dengan tepat waktu. Pada kesempatan ini pula penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung serta memberi semangat.
2. Bapak Dr. Ir I Made Suraharta, S.T., S.Si.T., M.T., IPM selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali beserta staf dan jajaran.
3. Bapak I Made Suarka, S.E. selaku Kepala Unit Usaha AMDK Perusahaan Umum Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali beserta jajaran.
4. Bapak Putu Diva Ariesthana Sadri, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Diploma III Manajemen Logistik sekaligus sebagai dosen pembimbing I,
5. Bapak Ahmad Soimun, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Seluruh Dosen program Studi Diploma III Manajemen Logistik yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan, beserta seluruh staf program studi.
7. Serta Rekan Mahasiswa/I Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan II.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dibutuhkan bagi perbaikan penulisan. Semoga naskah ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan bidang transportasi khususnya bidang logistik.

Tabanan, 26 Juni 2024

Penulis,

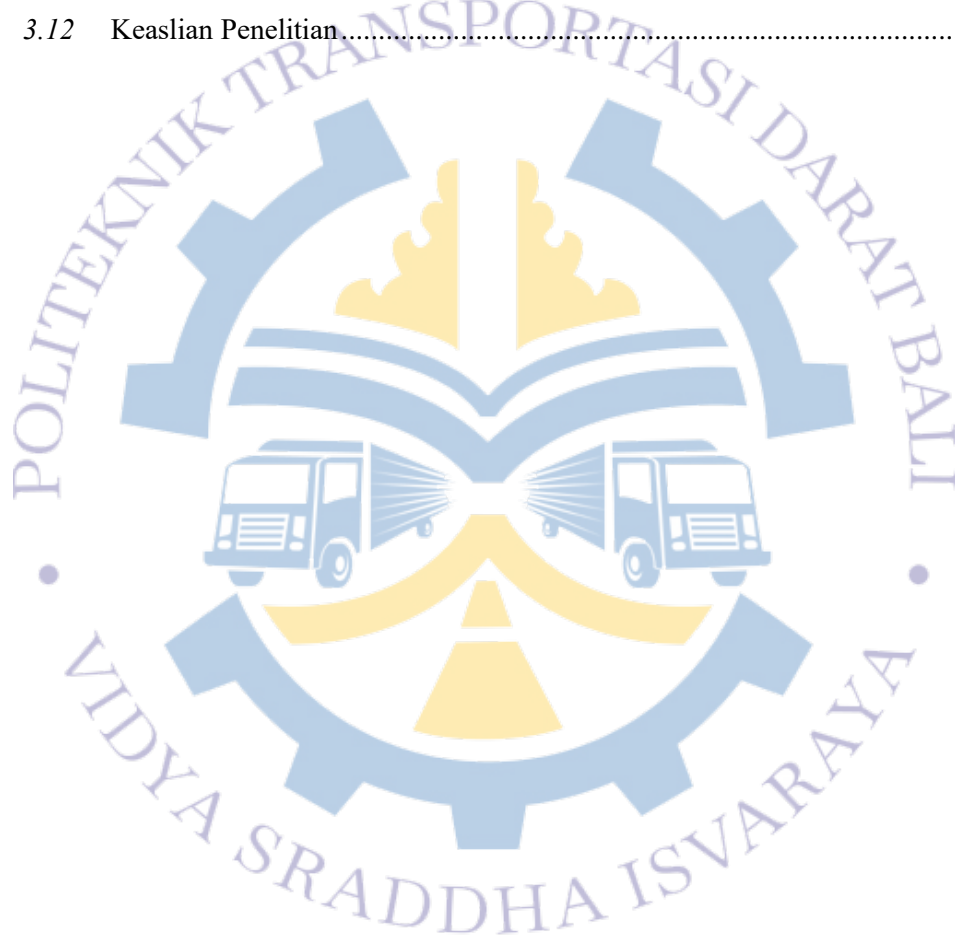


Ni Made Méida Puritasari  
Notar. 2102009

## DAFTAR ISI

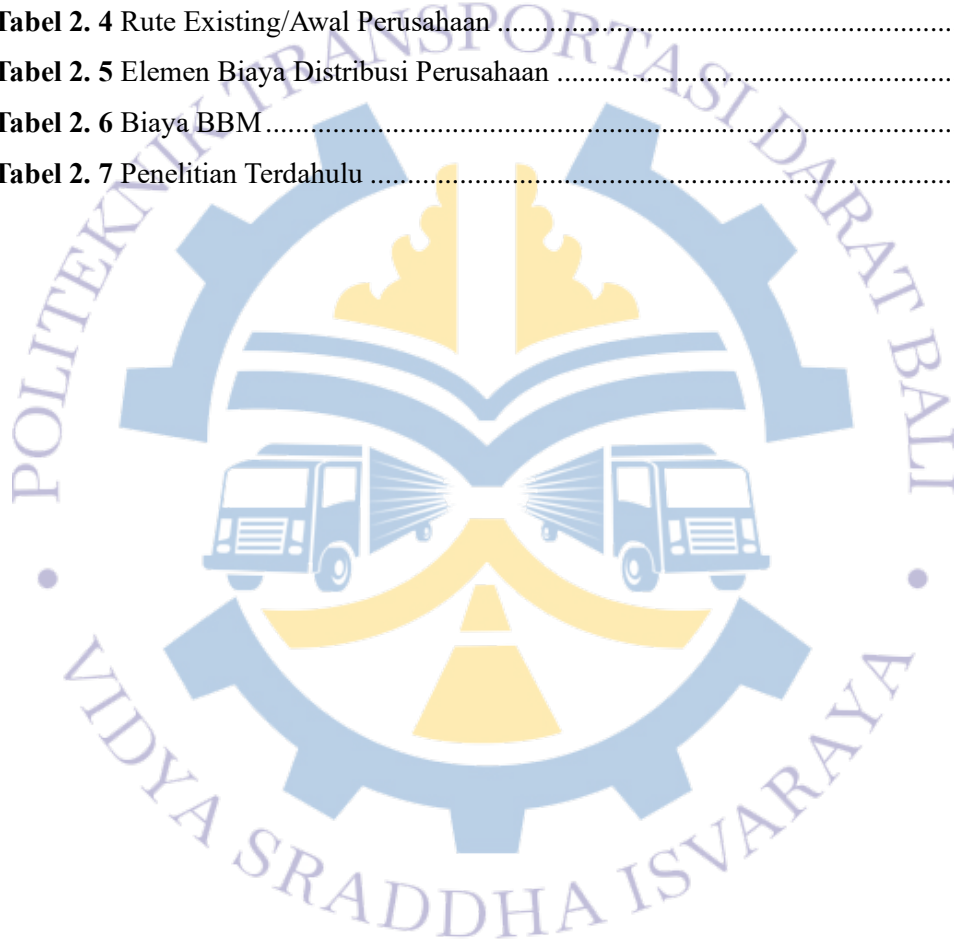
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
<b>BAB II GAMBARAN UMUM</b> .....	<b>8</b>
2.1 Kondisi Geografis .....	8
2.2 Kondisi Kajian Wilayah .....	9
2.3.1 Data permintaan .....	10
2.3.2 Data armada pengiriman.....	11
2.3.3 Rute Awal .....	13
2.3.4 Biaya .....	14
2.3.5 Karton.....	15
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>16</b>
3.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi .....	16
3.2 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i> .....	16
3.3 Teori Graf.....	17
3.4 <i>Nearest Neighbour</i> .....	18
3.5 <i>Saving Matrix</i> .....	20

3.6	<i>Nearest Insertion</i> .....	22
3.7	<i>Exponential Smoothing</i> .....	24
3.8	<i>Mean Absolute Deviation (MAD)</i> .....	24
3.9	<i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i> .....	25
3.10	<i>Mean Square Error (MSE)</i> .....	25
3.11	<i>Milk Run Strategy</i> .....	26
3.12	Keaslian Penelitian.....	26



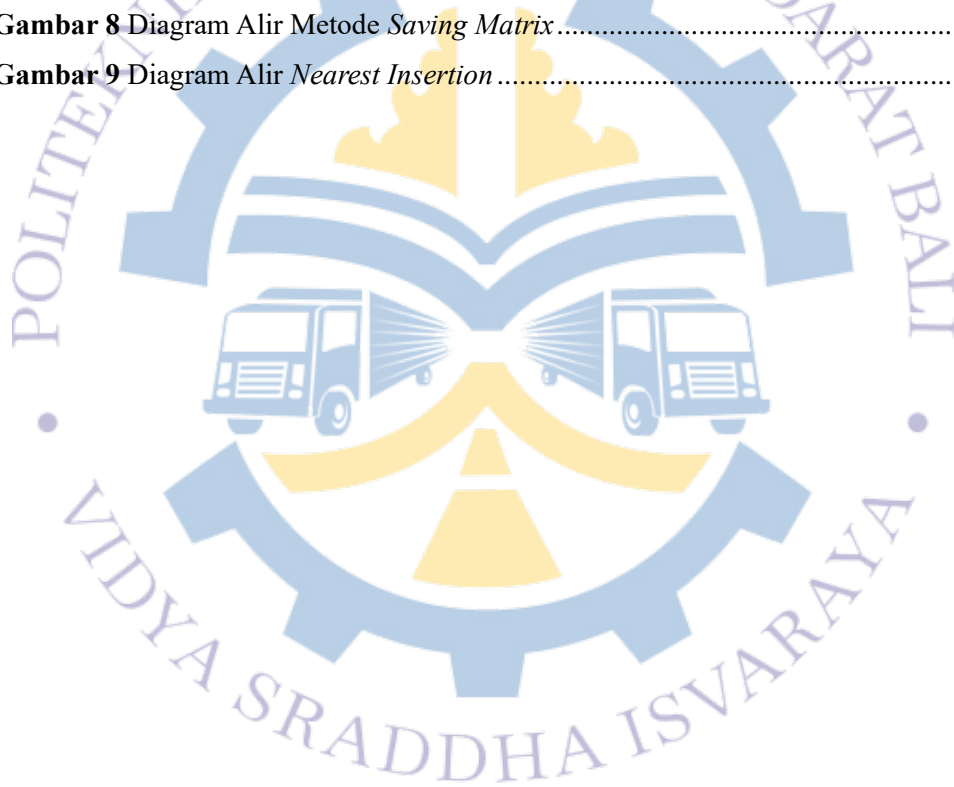
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Wilayah Distribusi .....	10
<b>Tabel 2. 2</b> Permintaan Masing-masing Pelanggan Periode Bulan Mei 2023 – Februari 2024 dalam satuan karton.....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Jenis Armada yang Digunakan Perusahaan .....	12
<b>Tabel 2. 4</b> Rute Existing/Awal Perusahaan .....	14
<b>Tabel 2. 5</b> Elemen Biaya Distribusi Perusahaan .....	14
<b>Tabel 2. 6</b> Biaya BBM .....	15
<b>Tabel 2. 7</b> Penelitian Terdahulu .....	26



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Peta Lokasi Gudang Produksi AMDK Tirta Sanjiwani .....	8
<b>Gambar 2.</b> Armada Jenis Isuzu Traga Box 1 .....	12
<b>Gambar 3.</b> Armada Jenis Isuzu Traga Box 2 .....	13
<b>Gambar 5</b> Karton <i>Be Gianyar Mineral Water</i> .....	15
<b>Gambar 6</b> Gambaran Visualisasi dari <i>Graf</i> .....	18
<b>Gambar 7</b> Diagram Alir Metode <i>Nearest Neighbour</i> .....	19
<b>Gambar 8</b> Diagram Alir Metode <i>Saving Matrix</i> .....	22
<b>Gambar 9</b> Diagram Alir <i>Nearest Insertion</i> .....	23



**INTISARI**  
**OPTIMALISASI *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)***  
**DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA**  
**SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI**

Oleh :

NI MADE MEIDA PURITASARI

2102009

Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar Bali merupakan perusahaan air minum dalam kemasan yang memiliki 8 pelanggan tetap, serta memiliki 2 jenis armada Isuzu Traga Box berkapasitas 400 karton. Permasalahan timbul ketika pendistribusian produk, yakni manajemen waktu kerja terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh dalam pemenuhan permintaan pelanggan yang harus diselesaikan selama seminggu. Penelitian ini bertujuan mengetahui rute optimal yang harus dilalui perusahaan untuk menciptakan biaya distribusi minimum. Penelitian ini menggunakan metode *savings matrix*, *nearest insertion* dan *nearest neighbour* yang kemudian dilakukan perbandingan. Selanjutnya, dilakukan peramalan permintaan dengan metode *exponential smoothing* pada *ms excel*, serta pengukuran matriks jarak menggunakan *google maps* dan *google earth*. Rute awal yang dimiliki perusahaan sebanyak 8 rute dengan total jarak tempuh 327,6 km. Hasil perhitungan optimalisasi menghasilkan persentase penghematan jarak pada *saving matrix* sebesar 33,67%, *nearest neighbour* sebesar 32,74%, *nearest insertion* 33,59%. Metode *saving matrix* terpilih menjadi metode rekomendasi bagi perusahaan yang menghasilkan 4 rute optimal dengan total jarak 220,35 km, dari segi waktu pengiriman dapat menghemat menjadi 2 hari kerja serta total penghematan BBM sebesar 33,67% dan penghematan biaya permakanaan sebesar 60%.

**Kata Kunci :** Optimalisasi Rute, Biaya Distribusi, *Saving Matrix*, *Nearest Neighbour*, *Nearest Insertion*

## **ABSTRACT**

### **OPTIMIZATION OF CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) AND DISTRIBUTION COSTS AT PERUMDA AIR MINUM TIRTA SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI**

By

NI MADE MEIDA PURITASARI

2102009

*Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar Bali is a bottled drinking water company that has 8 regular customers and has 2 types of Isuzu Traga Box fleet with a capacity of 400 cartons. Problems arise when distributing products, namely working time management regarding travel distance and travel time when fulfilling customer requests, which must be completed during the week. This research aims to determine the optimal route that a company must take to create minimum distribution costs. This research uses the savings matrix, nearest insertion, and nearest neighbor methods which will be compared. Next, demand forecasting was carried out using the exponential smoothing method in MS Excel, and the distance matrix was measured using Google Maps and Google Earth. The initial routes owned by the company were 8 routes with a total distance of 327.6 km. The results of the optimization calculations produce a percentage of distance savings in the saving matrix of 33.67%, the nearest neighbor of 32.74%, and the nearest insertion of 33.59%. The saving matrix method was chosen as the recommended method for companies that produce 4 optimal routes with a total distance of 220.35 km, in terms of delivery time it can save up to 2 working days with a total fuel savings of 33.67% and food cost savings of 60%.*

**Keywords:** *Route Optimization, Distribution Costs, Savings Matrix, Nearest Neighbor, Nearest Insertion*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Efisiensi dan optimalisasi sistem distribusi dan pemilihan jenis transportasi merupakan salah satu cara menurunkan pengeluaran biaya transportasi (Momon and Ardiatma, 2018). Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam pendistribusian, semakin berat barang yang akan diangkut dan semakin besar jarak tempuh transportasi yang akan dilalui, maka akan memberikan dampak pada biaya transportasi dan distribusi yang semakin membesar (Ferdiansyah *et al.*, 2021).

Semakin tinggi tingkat biaya distribusi akan menimbulkan persaingan antar perusahaan dalam mengirimkan barang secara efisien. Hal ini menuntut perusahaan membuat sebuah strategi pendistribusian yang lebih optimal, salah satunya adalah penentuan dan perencanaan rute secara optimal (Sari, Dhoruri and Eminugroho, 2016). Dalam kegiatan transportasi, penentuan sebuah rute merupakan kegiatan yang menyangkut pengaturan urutan pengiriman kepada pelanggan atau konsumen yang didatangi berawal dan berakhir pada depot (Ferdiansyah *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pengaturan rute yang optimal menjadi permasalahan yang benar-benar harus ditangani oleh perusahaan.

*Vehicle Routing Problem (VRP)* adalah sebuah permasalahan yang erat kaitannya terhadap penentuan rute dalam mengatasi masalah pendistribusian produk dengan melibatkan kendaraan lebih dari satu yang memiliki batasan kapasitas angkutan guna melayani permintaan pelanggan (Sari, Dhoruri and Eminugroho, 2016). *VRP* didefinisikan sebagai permasalahan dalam penentuan rute dengan biaya distribusi terkecil suatu depot kepada konsumen dengan lokasi dan permintaan yang tergolong berbeda-beda. Penentuan rute direncanakan agar masing-masing agen dapat dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan. Setiap perjalanan berawal dan berakhir pada depot. Permintaan yang diangkut kendaraan

tidak diperbolehkan lebih dari kapasitas daya angkut kendaraan (Cahyaningsih, Sari and Hernawati, 2015).

Pemenuhan permintaan yang tidak diperbolehkan melebihi kapasitas muatan kendaraan, maka digunakan sebuah konsep bagian dari *VRP* yang diberi nama *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* yang memiliki konsep bahwa kendaraan memiliki keterbatasan kapasitas dalam distribusi produk (Sari, Dhoruri and Eminugroho, 2016). Pendistribusian setiap kendaraan dilakukan sebanyak satu kali pengiriman yang dimulai dan berakhir dari depot. Salah satu contoh permasalahan dalam *CVRP* adalah pengiriman Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Masyarakat memiliki kebutuhan akan air minum yang meningkat. Hal ini dibuktikan dari data Badan Pusat Statistik (BPS) pada Maret 2023 yang menerangkan, 40,64% masyarakat Indonesia menjadikan air minum dalam kemasan sebagai salah satu sumber air minum sehari-hari. (Direktorat Statistik Kesejahteraan Rakyat, 2023).

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tirta Sanjiwani Kabupaten Gianyar, Bali merupakan salah satu perusahaan AMDK yang menjadi salah satu depot air isi ulang di Daerah Gianyar, Bali dan sekitarnya. Perusahaan ini baru berdiri dan beroperasi selama 3 Tahun dan belum mengalami surplus dikarenakan pemenuhan permintaan pelanggan yang belum mencapai target. Produk AMDK Perumda Tirta Sanjiwani, Gianyar, Bali ini diberi nama dengan *Be Gianyar Mineral Water*. Jasa pengiriman barang yang dilayani yaitu air minum dalam kemasan berbentuk cup, botol (PET) dan galon. Perumda Tirta Sanjiwani Gianyar memiliki 8 titik wilayah distribusi. Perusahaan ini memiliki 2 jenis armada yang digunakan dalam proses distribusi, yaitu kendaraan jenis Isuzu Traga Box. Masing-masing kendaraan memiliki kapasitas yang terbatas dalam pendistribusian barang dari depot ke konsumen. Pada penelitian ini, penulis akan berfokus pada pengiriman barang AMDK yang memiliki tingkat permintaan terbesar, yaitu jenis botol (PET) berukuran 330 ml.

Dalam proses distribusi, pemilihan rute masih menggunakan metode pengalaman dan intuisi *driver*, sehingga berpengaruh terhadap biaya distribusi yang masih terbilang belum mencapai angka minimum. Permasalahan lain yang timbul adalah jarak tempuh yang dirasa kurang efektif pada pendistribusian Air Tirta Sanjiwani sehingga perlu untuk dilakukan evaluasi pemilihan rute. Selain itu, masalah penjadwalan juga menjadi kendala dikarenakan jumlah armada yang terbatas yang menyebabkan pengiriman tidak optimal dalam pencapaian target yang menyebabkan penentuan lokasi pengiriman pertama hingga paling akhir perlu untuk dilakukan. Pada kondisi sebelumnya penjadwalan dilakukan oleh pihak pemasaran dengan memprioritaskan pemesanan terbanyak atau melihat jarak konsumen terdekat. Namun, perhitungan penjadwalan tersebut dilakukan secara manual dengan sistem “*kira-kira*” sehingga menghasilkan penjadwalan yang kurang efisien.

Guna memaksimalkan proses distribusi barang dari depot kepada konsumen di masing-masing wilayah yang tersebar, dapat dilakukan dengan melakukan penjadwalan dari hasil optimalisasi penggunaan jumlah kendaraan yang dimiliki perusahaan dan kapasitasnya. Optimalisasi yang dapat dilakukan adalah jarak, jumlah kendaraan, dan biaya distribusi yang akan dikeluarkan. Untuk mewujudkannya, perbaikan rute yang lebih efektif dibutuhkan untuk memberikan keuntungan bagi perusahaan. Rute yang optimal adalah rute yang dapat mengecilkan nilai jarak, mengurangi waktu dalam perjalanan dan meminimalkan biaya distribusi dengan memaksimalkan jumlah kapasitas daya angkut kendaraan.

Optimalisasi *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* bisa dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Salah satunya adalah metode *Savings Matriks*, *Nearest Insertion* dan *Nearest Neighbour*. *Savings Matriks* adalah metode yang dapat digunakan dalam menentukan urutan rute optimal dan penjadwalan distribusi produk ke wilayah pelanggan dengan menentukan urutan rute yang dilalui beserta jumlah kendaraan dan kapasitasnya untuk memperoleh rute paling pendek dan biaya transportasi yang minimum (Suparjo, 2017). *Nearest Insertion*

merupakan salah satu metode optimalisasi rute dengan melakukan penyisipan pelanggan di antara rute yang telah terbentuk untuk didapatkan hasil yang maksimal (Purnomo, Wahyono and Anggahandika, 2022). Sedangkan *Nearest Neighbour*, memuat proses dengan mengawali rute kendaraan dari jarak yang paling dekat dari gudang. Kemudian memilih pelanggan yang memiliki jarak lebih dekat dengan pelanggan pertama yang telah dikunjungi. Prosedur ini akan terus diulangi hingga seluruh pelanggan masuk dalam rute perjalanan. *Nearest Neighbour* digunakan karena memiliki karakteristik yang sama dengan pemilihan rute pada kondisi *existing* lapangan. Metode ini memiliki teknik penerapan yang mudah dilakukan dibandingkan dengan metode *CVRP* lainnya (Martono and Warnars, 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mochammad Miftachul Huda (2015) yang melakukan penghematan biaya distribusi dengan menggunakan metode *Saving matrix* untuk Penentuan Rute Distribusi (Studi kasus di PT. Lima Jaya Abadi). Hasil dari penelitian ini mampu menunjukkan penghematan rute yang dapat dilakukan dengan menghasilkan 8 rute baru sebagai perbaikan dari 13 rute awal yang digunakan perusahaan. (Huda, Rakhawati and Nuha, 2015). Suparjo (2017) juga menggunakan metode *Saving matrix* yang sama sebagai alternatif dalam Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Kasus pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan di Jawa Tengah). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem transportasi yang terbentuk akibat optimalisasi memiliki biaya lebih rendah, dengan besar penghematan yang dilakukan sebesar Rp 10.116.437 atau sekitar 44,04% (Suparjo, 2017).

Selain itu, Rafi Fadlurrahman, dkk (2021) meneliti optimalisasi rute distribusi produk tangki bahan bakar dengan metode *Nearest Insertion*. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa algoritma yang digunakan juga mampu menghasilkan pilihan rute yang efektif sehingga jarak tempuh dapat diminimalkan (Firjatullah and Ernawati, 2021). Penelitian lainnya dari Yudho Purnomo, dkk (2022) yaitu Penentuan Rute Distribusi dan Biaya Distribusi Transportasi Kantor Pos Ungaran dengan menggunakan Metode *Nearest Insertion*. Hasil dari penelitian

ini menunjukkan mampu memperpendek jarak tempuh awal dan meminimalkan biaya distribusi. Hal ini disebabkan karena metode *Nearest Insertion* membentuk rute dengan cara menyisipkan pelanggan yang akan dilayani pada rute yang telah dibentuk, sehingga peluang untuk mendapatkan jarak minimum lebih besar (Purnomo, Wahyono and Anggahandika, 2022). Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Sandi Mertono, dkk (2020) tentang implementasi metode *Nearest Neighbour* dalam penentuan rute distribusi barang di PT Sumber Alfaria Trijaya Tbk, berhasil memperoleh optimalisasi jarak sebesar 20,60% (Martono and Warnars, 2020).

Penelitian-penelitian di atas, membuktikan bahwa metode yang digunakan mampu menghasilkan rute yang lebih efektif dari rute sebelumnya. Maka dari itu, pada tugas akhir ini penulis tertarik untuk membuat penelitian dengan judul **“OPTIMALISASI CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) DAN BIAYA DISTRIBUSI DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA SANJIWANI KABUPATEN GIANYAR BALI”** dengan harapan dapat menjadi salah satu cara untuk membawa surplus (keuntungan) pada perusahaan. Nilai efektivitas tertinggi dari ketiga metode akan dapat dilihat dari selisih terbesar antara jarak tempuh yang dihasilkan dengan jarak tempuh yang biasa dilakukan perusahaan saat ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil peramalan pemesanan periode selanjutnya terhadap jumlah permintaan masing-masing pelanggan menggunakan metode *Exponential Smoothing*?
2. Bagaimana optimalisasi *CVRP* dengan *Saving Matrix*, *Nearest Insertion*, dan *Nearest Neighbour* pada distribusi Perumda Air Minum Tirta sanjiwani Gianyar Bali?

3. Metode manakah yang paling efektif dari optimalisasi *CVRP* menggunakan metode *Savings Matriks*, *Nearest Insertion* dan *Nearest Neighbour* pada distribusi Perumda Air Minum Tirta sanjiwani Gianyar Bali?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil peramalan pemesanan periode selanjutnya terhadap jumlah permintaan masing-masing pelanggan menggunakan metode *Exponential Smoothing*.
2. Mengetahui dan menganalisis optimalisasi *CVRP* dengan *Saving Matrix*, *Nearest Insertion*, dan *Nearest Neighbour* pada distribusi Perumda Air Minum Tirta sanjiwani Gianyar Bali.
3. Untuk mengetahui dan merekomendasikan metode paling efektif dari optimalisasi *CVRP* menggunakan metode *Savings Matriks*, *Nearest Insertion* dan *Nearest Neighbour* pada distribusi Perumda Air Minum Tirta sanjiwani Gianyar Bali.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat disusun adalah sebagai berikut :

1. Bagi Instansi/Perusahaan Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Kabupaten Gianyar Bali.  
Sebagai bahan analisis untuk referensi penerapan optimalisasi rute kendaraan dalam pendistribusian barang oleh Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Kabupaten Gianyar Bali sebagai bahan acuan guna meminimalkan pengeluaran biaya distribusi.
2. Bagi Politeknik Transportasi Darat Bali  
Sebagai salah satu pedoman pengembangan kurikulum agar dapat berjalan secara linier (sesuai) dengan kondisi dan kompetensi di lapangan.

### 3. Bagi Penulis

Sebagai sarana dalam pengembangan ilmu pengetahuan, peningkatan pemahaman pribadi, pengembangan keterampilan dalam penelitian, keterampilan menulis, dapat berkontribusi dalam pemecahan masalah dan dapat menghasilkan sebuah karya tulis penelitian dari implementasi teori yang telah didapatkan selama perkuliahan.

### 4. Bagi Pembaca

Sebagai bahan referensi yang dapat digunakan sebagai salah satu pedoman dalam pembelajaran.

## 1.5 Batasan Masalah

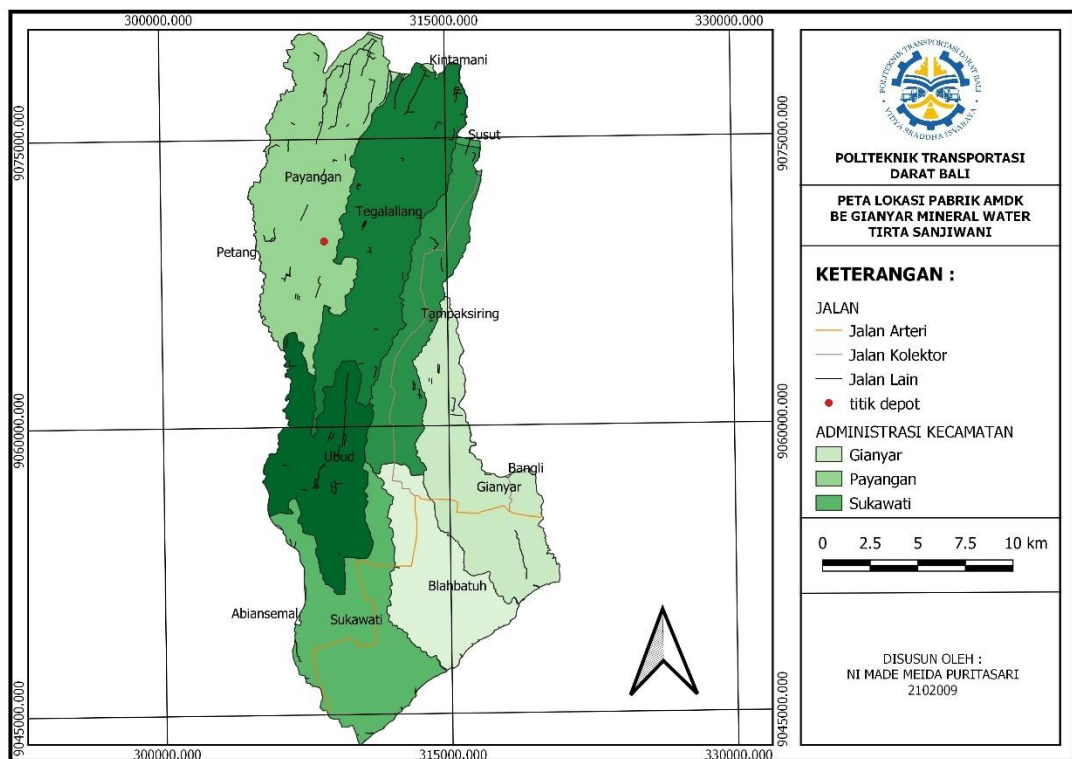
Beberapa batasan masalah yang dapat disusun adalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada perhitungan optimalisasi rute dan penjadwalan serta biaya distribusi pada pengiriman ke lokasi pelanggan tetap milik perusahaan.
2. Analisis dilakukan dengan pendekatan kuantitatif yang akan menggunakan metode *Savings Matriks*, *Nearest Insertion* dan *Nearest Neighbour* dan aplikasi *Google Earth* dalam optimalisasi rute dan biaya distribusi.
3. Penelitian dilakukan terhadap rute yang digunakan Perusahaan dan biaya distribusi yang dikeluarkan berupa biaya BBM dan uang makan driver selama bekerja dengan membandingkan nilai *existing* dan nilai hasil perhitungan.
4. Perhitungan distribusi dilakukan terhadap *Be Gianyar Mineral Water* berukuran 330 ml.
5. Tidak memperhitungkan kepadatan lalu lintas, *human factor* dari *driver* dan jenis armada.
6. Setiap satu liter BBM berjenis solar dapat menempuh jarak 10 km/liter dengan harga Rp 6,800,00.

## BAB II GAMBARAN UMUM

### 2.1 Kondisi Geografis

Perusahaan Umum Daerah Air Minum Dalam Kemasan Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali beralamat di Banjar Bukian Kawan, Desa Bukian, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali seperti pada **Gambar 1**. Jarak dari lokasi perusahaan yang berada di Desa Bukian, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar dengan pusat kota yaitu 26,4 km. Kecamatan Payangan berbatasan langsung dengan Kecamatan Tegallalang dan Ubud. Perlu melewati tiga kecamatan dari Kecamatan Payangan menuju Kecamatan Gianyar, yaitu melewati Kecamatan Tegallalang, Ubud dan Tampak Siring.



(Sumber: Penulis, 2024)

**Gambar 1.** Peta Lokasi Gudang Produksi AMDK Tirta Sanjiwani

## 2.2 Kondisi Kajian Wilayah

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali merupakan perusahaan yang salah satu usahanya bergerak pada bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Produk AMDK yang dihasilkan diberi nama dengan *Be Gianyar Mineral Water*.

Fokus dalam penelitian ini akan memperhitungkan proses pengiriman air minum Be Gianyar Mineral Water kepada distributor tetap yang telah memiliki kontrak kerja sama sehingga proses pemesanan permintaan air minum Be Gianyar Mineral Water dilakukan secara konstan setiap minggunya. Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani melayani produksi AMDK dengan ukuran Cup 240 ml, PET 330 ml, PET 660 ml, PET 1500 ml, serta Galon 19L. Namun dalam penelitian ini, proses distribusi akan difokuskan pada pengiriman air minum ukuran PET 330 ml sebagai ukuran dengan pemesanan terbanyak dibandingkan dengan ukuran lainnya.

Distribusi dilakukan pada 8 titik lokasi distributor pada **Tabel 2.1** dengan pemetaan wilayah 7 titik berada di Kabupaten Gianyar serta 1 titik berada di Kabupaten Badung. Pengiriman dilakukan dengan menggunakan jenis kendaraan mobil Isuzu Traga Box yang berjumlah 2 kendaraan dan berkapasitas 400 karton dalam distribusi AMDK ukuran PET 330 ml. Memandang Pemenuhan pengiriman dari masing-masing distributor dengan jumlah kendaraan serta batasan kapasitas kendaraan yang dimiliki, sehingga dalam proses distribusi perusahaan memiliki keterbatasan armada untuk pengiriman produk ke beberapa distributor di Kabupaten Gianyar dan Kabupaten Badung. Adapun pembagian wilayahnya sebagai berikut :

**Tabel 2. 1 Wilayah Distribusi**

No	Wilayah Kabupaten	Wilayah Kecamatan	Lokasi Pelanggan
1	Gianyar	Gianyar	Perumda Gianyar
2			PAMTS
3			Kopkar
4		Payangan	UD Lestari
5			KUD Payangan
6		Sukawati	Yuma Tirta
7			UD Windu Satya
8			Mengwi

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024

### 2.3.1 Data permintaan

Adapun data permintaan masing-masing lokasi pelanggan yang terdapat di Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali tertera pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2. 2 Permintaan Masing-masing Pelanggan Periode Bulan Mei 2023 – Februari 2024 dalam satuan karton**

Periode Pemesanan	Perumda Gianyar	Yuma Tirta	UD Windu Satya	UD Lestari	KUD Payangan	PAMTS	UD Pertama	Kopkar
Periode 1	420	100	55	150	100	150	220	220
Periode 2	390	200	90	170	100	200	200	200
Periode 3	420	300	300	140	300	407	200	200
Periode 4	420	200	200	50	200	100	200	200
Periode 5	420	100	100	150	200	340	200	200
Periode 6	420	420	100	150	100	125	100	100
Periode 7	200	100	200	155	200	250	100	100
Periode 8	300	235	250	200	180	440	100	100
Periode 9	200	250	420	180	300	200	100	100
Periode 10	200	200	100	250	200	160	200	200
Periode 11	200	300	100	300	200	50	100	100
Periode 12	425	420	100	330	200	200	200	200
Periode 13	420	147	200	100	200	100	100	100
Periode 14	420	300	100	200	424	200	100	100
Periode 15	400	420	400	100	100	810	100	100
Periode 16	50	200	100	100	350	200	200	200

Periode Pemesanan	Perumda Gianyar	Yuma Tirta	UD Windu Satya	UD Lestari	KUD Payangan	PAMTS	UD Partama	Kopkar
Periode 17	100	200	420	200	200	200	200	200
Periode 18	420	400	420	160	200	150	100	100
Periode 19	380	420	150	200	420	320	480	480
Periode 20	420	420	320	100	250	200	100	100
Periode 21	345	200	200	300	420	380	250	250
Periode 22	200	200	100	250	200	200	200	200
Periode 23	300	200	100	400	320	100	50	50
Periode 24	300	100	200	200	200	200	200	200
Periode 25	420	250	200	150	200	200	100	100
Periode 26	420	420	420	70	420	425	425	425
Periode 27	200	100	200	200	50	100	200	200
Periode 28	300	50	400	100	100	200	365	365
Periode 29	420	322	300	220	100	50	411	411
Periode 30	420	420	420	100	420	200	200	200
Periode 31	300	420	-	-	200	300	300	300
Periode 32	200	200	-	-	-	100	-	-

Sumber: Perusahaan, 2024

• Dari data **Tabel 2.2** didapatkan data jumlah permintaan masing-masing metode per periode pemesanan. Beberapa pelanggan telah melakukan pemesanan sampai pada periode ke 32, beberapa pemesanan berhenti pada periode 30 dan periode 31 saja.

### 2.3.2 Data armada pengiriman

Armada pengiriman merupakan sarana yang digunakan oleh perusahaan dalam proses distribusi agar dapat berjalan dengan lancar. Adapun armada yang digunakan oleh Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2. 3 Jenis Armada yang Digunakan Perusahaan**

Nama Kendaraan	Jumlah	Kapasitas	Spesifikasi Ukuran Box	GVW ( <i>Gross Vehicle Weight</i> )
Isuzu Traga Box	2 Buah	400 Karton	Panjang (281 cm) Lebar (162 cm) Tinggi (140 cm)	2,9 Ton

Sumber : Perusahaan, 2024

Armada yang digunakan oleh perusahaan merupakan jenis armada yang tergolong kedalam JBB diatas (> 3500 kg). Hal ini akan memudahkan kendaraan untuk dapat melintasi jalan-jalan yang tergolong kecil. Keadaan ini juga mendukung terjadinya proses pengiriman secara *door to door*. Hasil wawancara dengan Kepala Unit AMDK juga menyatakan bahwasannya tidak terdapat hambatan besar yang sifatnya khusus terkait adanya peraturan di jalan yang melarang armada melewati ruas jalan tertentu.



(Sumber: Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024)

**Gambar 2. Armada Jenis Isuzu Traga Box 1**



(Sumber: Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024)

**Gambar 3.** Armada Jenis Isuzu Traga Box 2

**Gambar 2** dan **Gambar 3** di atas merupakan kendaraan dengan nama Isuzu Traga Box. Armada jenis ini dapat mengangkut mencapai maksimal 400 karton untuk jenis AMDK *Be Gianyar Mineral Water* ukuran 330 ml dalam sekali kirim. Terdapat 2 buah kendaraan dengan jenis dan kapasitas yang sama yang digunakan oleh Perumda Tirta Sanjiwani untuk mengirimkan produknya ke 8 lokasi distributor utama perusahaan.

### 2.3.3 Rute Awal

Rute awal adalah rute yang digunakan pertama kali oleh perusahaan sebelum dilakukannya perhitungan dengan 3 metode yang penulis ajukan. Rute awal inilah yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan apakah penelitian dapat dikatakan berhasil atau tidak. Penjadwalan pada perjalanan distribusi barang di perusahaan ini sebetulnya sudah dijadwalkan oleh pihak perusahaan, namun penjadwalan rute masih menggunakan sistem *shipping direct*. *Shipping direct* merupakan metode pengiriman yang dominan dilakukan dengan pengiriman ke satu pelanggan dan langsung kembali ke lokasi gudang (Darmayani, 2023). Berikut merupakan tabel rute awal yang ditetapkan oleh Perumda AMDK Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali pada **Tabel 2.4**.

**Tabel 2. 4** Rute Existing/Awal Perusahaan

NO.	Rute	Jarak (Km)	Waktu Tempuh (menit)
1.	Gudang – Perumda Gianyar - Gudang	51.8	114
2.	Gudang – Yuma Tirta – Gudang	48.6	96
3.	Gudang – UD Windu Satya – Gudang	52.6	102
4.	Gudang – UD Lestari – Gudang	11.8	26
5.	Gudang – KUD Payangan – Gudang	7	20
6.	Gudang – PAMTS – Gudang	50	110
7.	Gudang – UD Pertama – Gudang	52.8	104
8.	Gudang – Kopkar - Gudang	53	122
<b>Total</b>	<b>8 Rute</b>	<b>327.6</b>	<b>694</b>

Sumber : Perumda Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024

**Tabel 2.4** menunjukkan bahwa terdapat 8 rute yang tersebar di 8 titik lokasi distribusi. Jika dihitung dengan menggunakan pedoman matriks jarak dengan bantuan *Google Maps* didapatkan total jarak perjalanan sebesar 327,6 km.

### 2.3.4 Biaya

Biaya merupakan sebuah aspek yang digunakan sebagai tolak ukur oleh perusahaan dalam menentukan keuntungan atau kerugian selama menjalani usaha. Adapun perhitungan biaya yang digunakan oleh perusahaan Perumda Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2. 5** Elemen Biaya Distribusi Perusahaan

No.	Elemen Biaya	Biaya (Rp)
1.	BBM/Liter	Rp 6,800,00
2.	Uang Makan	Rp 30.000,00

Sumber : Perumda Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024

Rincian biaya pada **Tabel 2.5** didasari atas hasil wawancara yang dilakukan kepada Kepala Unit AMDK Tirta Sanjiwani. Dalam sekali perjalanan

perhitungan biaya distribusi didasarkan pada biaya sekali makan sebanyak Rp 30.000,00/sekali perjalanan pengiriman dan BBM.

Berdasarkan keterangan dari salah satu Driver perusahaan menyatakan untuk kedua jenis armada yang dimiliki berjenis sama yaitu armada isuzu traga box dengan jenis BBM yang digunakan yaitu solar. Untuk mengetahui biaya bahan bakar minyak sebagai perbandingan kedepannya, maka dibuatkan asumsi bahwa setiap satu liter solar dapat menempuh 10 km perjalanan dengan rincian sebagai berikut pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2. 6 Biaya BBM**

Nama Kendaraan	Jumlah Armada	Biaya BBM/Km	Harga/liter Solar
Isuzu Traga Box	2 buah	Rp 680,00	Rp 6,800,00

Sumber : Perumda Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali dan Internet (harga BBM/April 2023)

### 2.3.5 Karton

Pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** merupakan gambar karton (kardus) yang digunakan dalam pengemasan AMDK 330 ml.



(Sumber: Tirta Sanjiwani Gianyar, Bali, 2024)

**Gambar 4** Karton Be Gianyar Mineral Water

## BAB III TINJAUAN PUSTAKA

### 3.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi

Menurut Rohandi et al., (2014), ada tiga strategi distribusi produk dari pabrik ke pelanggan, sebagai berikut:

1. *Direct Shipment* (Pengiriman Langsung tanpa melalui gudang penyangga lain.
2. Pengiriman melalui gudang, merupakan pengiriman yang dilakukan secara tidak langsung kepada pelanggan, yang melewati lebih dari satu atau satu fasilitas penyangga.
3. *Cross-Docking*, pengiriman dengan melewati fasilitas *cross-dock*. di antara wilayah pabrik dan pelanggan.

### 3.2 *Vehicle Routing Problem (VRP)*

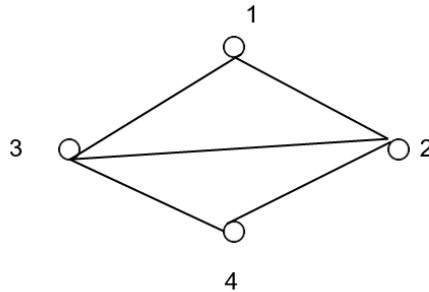
*Vehicle Routing Problem (VRP)* merupakan sebuah *problem* yang membahas penentuan rute kendaraan yang memiliki tujuan tertentu. *VRP* menyerukan penentuan set optimalisasi rute yang harus dilakukan oleh armada kendaraan untuk melayani sekelompok pelanggan tertentu (Na and Hipertensiva, no date). *VRP* merupakan permasalahan yang memetakan rute dari  $k$  kendaraan *independent* yang akan melayani pelanggan  $i \in N = 1, \dots, n$  yang memiliki lokasi berbeda. Masing-masing kendaraan mempunyai kapasitas angkutan  $D$  yang identik satu sama lain, dan setiap kendaraan mempunyai *demand* permintaan. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali serta setiap permintaan tidak melebihi daya angkut kendaraan. Konsep *VRP* mengemukakan tiap kendaraan akan memulai perjalanan dari depot pusat 0, dan akan kembali ke depot pusat tersebut. Pengantaran mengeluarkan biaya distribusi total minimum dengan  $c_{ij} > 0$ , yang menunjukkan biaya angkut dari pelanggan  $i$  ke  $j$ , untuk  $0 \leq i, j \leq n$ . Struktur biaya

dianggap simetris dengan persamaan  $c_{ij} = c_{ji}$  dan  $c_{ii} = 0$ . Dikarenakan daya angkut kendaraan terbatas, maka dari itu kendaraan diharuskan kembali ke depot untuk *reloading*. Satu pelanggan tidak diizinkan untuk dilayani lebih dari satu kendaraan dalam satu periode pemesanan. Hal ini menyebabkan akan ada  $k$  rute yang terbentuk guna memenuhi permintaan *customer*. Semakin banyak jumlah pelanggan yang akan dikunjungi, semakin tinggi besaran permasalahannya. Penyelesaian *VRP* memiliki tujuan untuk meminimalkan jarak tempuh total dan banyaknya kendaraan yang akan digunakan dalam pengiriman sehingga dapat menciptakan biaya distribusi yang minimum (Rohandi, Imran and Prasetyo, 2014).

Salah satu permasalahan dari *VRP* yang dibatasi oleh kapasitas daya angkut kendaraan yaitu *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. *CVRP* merupakan sebuah *problem* optimalisasi guna menentukan urutan rute dengan meminimalkan biaya untuk armada dengan kapasitas kendaraan tertentu dan yang memiliki kapasitas daya angkut yang sama, melayani agen dengan permintaan yang telah diketahui sebelum proses distribusi. Distribusi pada setiap kendaraan hanya diperbolehkan terjadi tepat satu kali dari depot/gudang ke masing-masing pelanggan kemudian kembali lagi ke depot. Hal ini akan memberikan rute distribusi yang lebih efektif dan efisien.

### 3.3 Teori Graf

Menurut Sari et al., (2016), suatu *Graf* yang diberi nama *Graf G* diartikan sebagai kumpulan titik yang diberi nama simpul serta segmen garis yang akan menghubungkan dua simpul yang selanjutnya disebut sebagai rusuk. *Graf* difungsikan untuk menggambarkan objek diskrit dan hubungan antara objek tersebut. Gambaran visual dari *Graf* dapat berupa bentuk titik (*node*), noktah, bulatan, sedangkan hubungan antar objek digambarkan dengan sebuah garis atau sisi (*adje*).



**Gambar 5** Gambaran Visualisasi dari Graf

*Graf*  $G$  adalah pasangan himpunan  $(V, E)$  dimana:

$V$  = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*node*) =  $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$

$E$  = himpunan mungkin kosong dari sisi (*edge*) yang akan menggabungkan sepasang simpul =  $\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$

Maka dari itu, *Graf*  $G$  dituliskan  $G = \{V, E\}$ .

*Graf* tidak boleh memiliki simpul-simpul yang merupakan himpunan kosong, berbeda halnya dengan sisi pada *Graf* yang diperbolehkan berupa himpunan kosong. Jenis *Graf* yang hanya memiliki simpul tanpa adanya sisi dinamakan *Graf trivial*. Simpul yang ada pada *Graf* dapat diberikan tanda berupa angka, huruf, atau gabungan keduanya. Sedangkan, sisi yang menghubungkan dua buah simpul *Graf* dapat dituliskan dengan pasangan  $(v_i, v_j)$  atau dapat pula dinyatakan dengan lambang  $e_1, e_2$ , dan seterusnya. Apabila  $e$  merupakan sisi yang menghubungkan simpul  $v_i$  dan  $v_j$ , maka persamaan dapat dituliskan dengan notasi sebagai berikut :

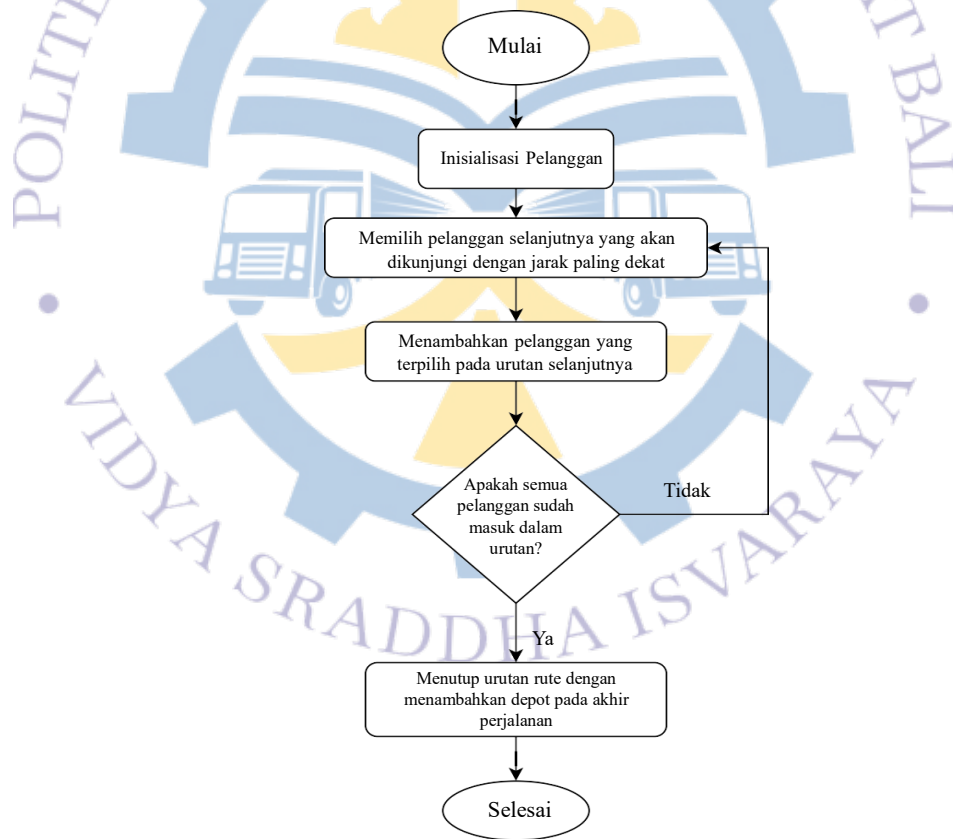
$$E = (v_i, v_j). \quad (3.1)$$

### 3.4 Nearest Neighbour

Metode *Nearest Neighbor* merupakan sebuah metode dengan teknik penyelesaian masalah rute yang dilakukan dengan menentukan lokasi terdekat dengan jarak terdekat dengan depot. Metode ini merupakan metode sederhana

dalam memecahkan kendala rute. Kemudian akan dilanjutkan dengan memilih pelanggan yang memiliki jarak paling dekat dengan pelanggan yang terakhir (Abadi, Susanty and Adianto, 2014). Proses ini dilakukan berulang hingga seluruh pelanggan masuk dalam urutan rute perjalanan.

Implementasi metode pada penelitian ini karena termasuk ke dalam salah satu metode yang mempunyai kesesuaian sifat dengan kondisi nyata lapangan dalam pembentukan rute distribusi serta alasan berikutnya, penerapan teknik penentuan rute lebih mudah dilakukan apabila dibandingkan dengan metode *VRP* yang lain, sehingga dapat memudahkan perusahaan maupun peneliti dalam melakukan setiap prosesnya (Sari, Dhoruri and Eminugroho, 2016).



**Gambar 6** Diagram Alir Metode Nearest Neighbour

### 3.5 Saving Matrix

*Saving matrix* merupakan metode yang digunakan untuk menunjukkan rute distribusi produk ke wilayah pelanggan dengan menentukan rute distribusi penghematan yang akan dilalui dan jumlah kendaraan yang digunakan dengan memperhatikan batasan kapasitas kendaraan (Prayudha Hidayat *et al.*, 2021). Tahapan dalam penerapan metode *Saving matrix* dapat dilihat sebagai berikut (Suparjo, 2017):

1. Menentukan matriks jarak

Matriks jarak merupakan hal yang merepresentasikan jarak nyata dari depot ke lokasi masing-masing lokasi. Jika, yang diketahui adalah koordinat titik masing-masing lokasi, maka rumus yang digunakan untuk menghitung matriks jarak adalah sebagai berikut :

$$j(1,2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.2)$$

dengan  $j(1, 2)$  merupakan jarak dari lokasi 1 dan 2 dan  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$  merupakan titik-titik koordinat dari masing-masing lokasi. Akan tetapi, jika jarak kedua titik koordinat tersebut sudah diketahui, maka rumus tersebut tidak perlu untuk digunakan.

2. Menentukan matriks penghematan (*Saving Matrix*)

Dalam Langkah ini terdapat beberapa rute yang akan dilewati untuk mencapai tujuan masing-masing. Ketika terjadi penggabungan rute yang sifatnya satu arah dengan rute lainnya akan memberikan sebuah penghematan. Untuk menghasilkan matriks penghematan dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$d_{ij} = d_{oi} + d_{jo} - d_{ij} \quad (3.3)$$

$d_{ij}$  adalah penghematan jarak yang merupakan penggabungan rute  $i$  dengan rute  $j$ .

3. Pengalokasian kendaraan dan rute berdasarkan lokasi

Selanjutnya adalah mengalokasikan lokasi pada rute atau kendaraan. Hal ini mengartikan bahwa akan dilakukan penentuan rute pengiriman baru berdasarkan pada penggabungan rute yang telah dilakukan. Hasil yang akan diperoleh adalah pengiriman lokasi  $i$  dan lokasi  $j$  akan dilakukan dengan menggunakan 1 rute.

4. Mengurutkan lokasi tujuan dalam satu rute

Selanjutnya adalah menentukan urutan kunjungan dengan memperhatikan kapasitas angkutan kendaraan yang tersedia dengan metode sebagai berikut:

a. Metode *Nearest Insert*

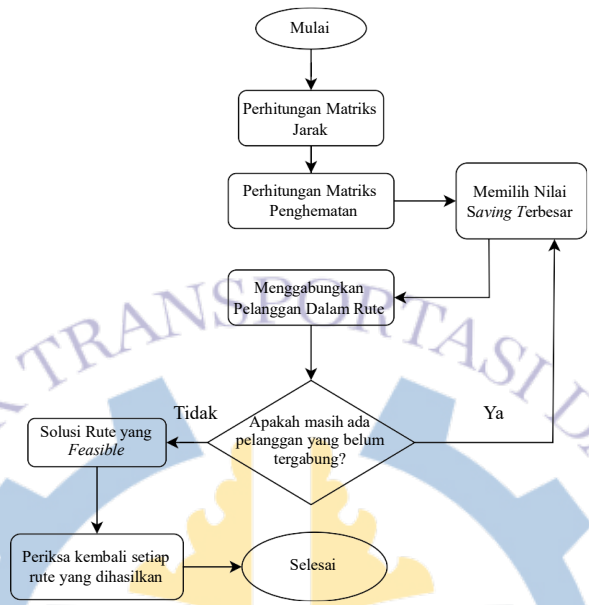
Penentuan urutan kunjungan mengutamakan lokasi yang jika dimasukkan ke dalam urutan rute yang sudah ada akan meminimalkan jarak.

b. Metode *Nearest Neighbor*

Metode ini dilakukan dengan menentukan kunjungan yang mengutamakan lokasi yang memiliki jarak lebih dekat dari lokasi terakhir yang telah dikunjungi.

5. Menentukan rute yang paling optimal menggunakan aplikasi *Google Earth*.

Aplikasi *Google Earth* digunakan untuk menggambarkan rute terpendek yang akan dilalui dan akan menampilkan perkiraan jarak dan waktu tempuh yang dilalui.



**Gambar 7** Diagram Alir Metode Saving Matrix

### 3.6 Nearest Insertion

*Nearest Insertion* adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam optimalisasi rute. Tahap awal pada metode ini tidak jauh beda dengan metode *saving matrix*. Metode ini menentukan jarak optimal dari jalur distribusi yang memiliki tujuan memperpendek jarak pengiriman dengan menyisipkan rute ke dalam *subtour* jalur distribusi. Metode ini merupakan pengurutan rute dengan mempertimbangkan jarak bolak balik atau jarak total yang ditempuh. Bagian pembeda terletak pada tahapan kedua yaitu penentuan *node* pertama yang didasarkan pada jarak paling dekat dengan depot, misalnya dalam 1 rute memiliki 3 buah *node* yang berbeda, yaitu C, D, dan E. Masing-masing *node* berjarak 3 km, 4 km, dan 5 km sehingga akan dipilih *node* C sebagai *node* pertama yang akan dikunjungi. Tahap berikutnya adalah pengulangan tahap sebelumnya hingga seluruh *node* telah dikunjungi serta menjadi sebuah kelompok rute. Pada tahapan ini, *node* sebelumnya akan menjadi acuan perhitungan (Purnomo, Wahyono and

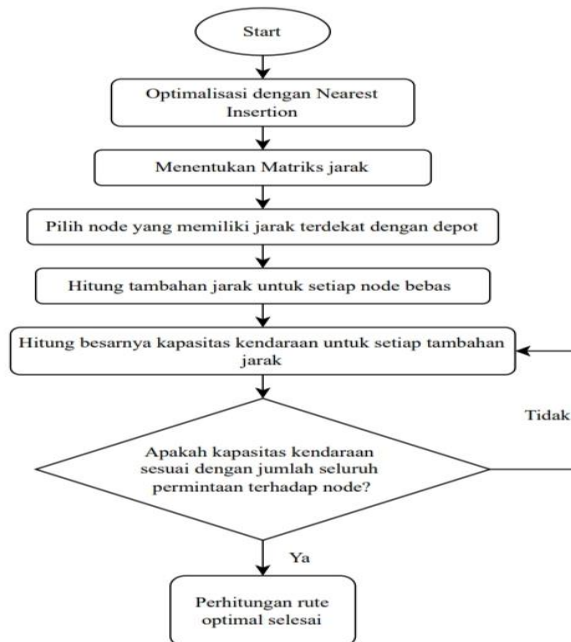
Anggahandika, 2022). Berikut merupakan langkah cara penyelesaian pada metode *nearest insertion* sebagai berikut (Suyitno, Isnaini Rosyida and Juni, 2020) :

1. Penelusuran diawali dari titik lokasi pertama dihubungkan dengan titik lokasi terakhir. Dalam hal ini titik pertama dan terakhir adalah gudang/depot.
2. Pilih lokasi titik terdekat dari titik pertama/depot.
3. Buat sebuah subtour diantara dua titik. Perjalanan dimulai dan berakhir di titik pertama serta dilakukan penyisipan untuk titik terdekat dengan titik pertama.
4. Lakukan penyisipan rute setelah salah satu titik terpilih dengan persamaan (3.4) berikut.

$$z = d(i, k) + d(k, j) - d(i, j) \quad (3.4)$$

Dengan  $d$  : jarak,  $k$  : titik yang belum terpilih,  $i$  : titik pertama dalam insertion, dan  $j$  : titik kedua dalam *insertion*.

5. Ulangi langkah 3 sampai seluruh titik masuk dalam *subtour*.



**Gambar 8** Diagram Alir *Nearest Insertion*

### 3.7 Exponential Smoothing

Metode *Exponential Smoothing* adalah Teknik peramalan rata-rata bergerak untuk peramalan data jangka pendek (Rachman, 2018). Penyelesaian peramalan dengan metode ini menggunakan konstanta penghalusan (*Smoothing*)  $\alpha$  (*alpha*). Nilai  $\alpha$  yang semakin mendekati 1 akan memberikan penekanan terbesar pada nilai saat ini, sedangkan nilai yang semakin mendekati angka 0 akan memberikan penekanan pada data sebelumnya (Sylvia, 2020).

*Exponential Smoothing* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha) F_t \quad (3.5)$$

Dimana :

$\alpha$  : nilai penghalusan konstan ( $0 < \alpha < 1$ )

$F_{t+1}$  : peramalan yang baru

$F_t$  : peramalan periode yang lalu

$A_t$  : permintaan aktual periode yang lalu

Peramalan dengan menggunakan metode *exponential smoothing* juga dapat diproses secara otomatis dengan bantuan fitur yang terdapat pada *microsoft excel* pada fitur *Add-ins Analisis Data*.

### 3.8 Mean Absolute Deviation (MAD)

*MAD* adalah rata-rata nilai absolut dari kesalahan meramal yang tidak menghiraukan nilai positif atau negatifnya. Semakin kecil nilai *MAD*, semakin akurat metode peramalan tersebut. Berikut rumus perhitungan dari *MAD* (Lusiana and Yuliarty, 2020):

$$MAD = \frac{\sum |D_x - F_x|}{n} \quad (3.6)$$

Dimana:

$n$  : jumlah periode

$x$  : periode

$D_x$  : permintaan di periode x

$F_x$  : peramalan di periode x

$||$  : nilai absolut

### 3.9 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*MAPE* merupakan metode pengukuran tingkat keakuratan dari metode peramalan yang menggunakan metode matematis dengan menjumlahkan total nilai deviasi *forecast* dan permintaan aktual. Berikut rumus perhitungan *MAPE* (Sylvia, 2020):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| \times 100 \quad (3.7)$$

Dimana:

$n$  : jumlah periode

$t$  : periode

$D_t$  : permintaan di periode t

$F_t$  : peramalan di periode t

### 3.10 Mean Square Error (MSE)

*MSE* merupakan nilai rata-rata perbedaan kuadrat antara nilai aktual dan nilai peramalan. *MSE* dipergunakan untuk meninjau estimasi nilai kesalahan peramalan. Nilai *MSE error* mendekati 0 menunjukkan hasil peramalan yang sesuai dengan data aktual dan bisa dijadikan perhitungan peramalan di periode mendatang.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (3.8)$$

Dimana:

$A_t$  : nilai aktual permintaan

$F_t$  : nilai hasil peramalan

$n$  : banyaknya data

### 3.11 Milk Run Strategy

*Milk run* merupakan suatu strategi dalam siklus perjalanan pengantaran barang dari titik awal sampai titik akhir kemudian kembali ke titik awal dengan pengoptimalan sejumlah strategi pengantaran dan penjemputan produk di dalam sebuah rute yang telah terbentuk (Ikha *et al.*, 2023). Dalam perkembangannya strategi ini terus mengalami perkembangan seiring dengan permasalahan baru dalam distribusi barang, misalnya menggabungkan beberapa kapasitas kecil pengantaran ke dalam satu kapasitas besar pengantaran, ataupun membagi kapasitas besar ke dalam beberapa kombinasi kapasitas kecil untuk pengoptimalan dari segi biaya dan waktu, ataupun memutar arah perjalanan dari searah jarum jam menjadi berlawanan arah jarum jam (Marpaung, Oey and Nurcahyo, 2021).

### 3.12 Keaslian Penelitian

Tabel 2.7 merupakan pedoman keaslian penelitian dari peneliti terdahulu yang digunakan sebagai pembandingan pada penelitian ini.

*Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu*

Penulis	Judul	Metode	Analisis Pembahasan	GAP Research
Suparjo (2017)	Metode <i>Saving matrix</i> sebagai Metode Alternatif untuk Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan di Jawa Tengah)	<i>Saving Matrix</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan proses perhitungan optimalisasi rute distribusi dengan metode <i>Saving Matrix</i></li> <li>Membahas proses perhitungan biaya distribusi sebelum dan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diterapkan pada kasus Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar Bali</li> <li>Menambahkan proses peramalan <i>demand</i> masing-masing pelanggan pada pemesanan</li> </ul>

Penulis	Judul	Metode	Analisis Pembahasan	GAP Research
			setelah penghematan	periode berikutnya.
Sandi Martono, dkk. (2020)	Penentuan Rute Pengiriman Barang dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i> di PT Sumber Alfaria Trijaya Tbk	<i>Nearest Neighbor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan proses penentuan rute pengiriman barang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menambahkan metode <i>nearest insertion</i> dan <i>nearest neighbour</i> sebagai pembanding dalam optimalisasi rute</li> </ul>
Dwi Nur Rochmad (2023)	Penentuan Rute Distribusi <i>Ice Tube</i> di Kabupaten Malang	<i>Cheapest Insertion Heuristic.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan pemecahan masalah <i>Travel Salesman Problem (TSP)</i> tentang penentuan rute.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menambahkan analisis survei inventarisasi jalan sederhana.</li> </ul>
Yudho Purnomo, dkk. (2021)	Penentuan Rute Distribusi dan Biaya Transportasi Kantor Pos Ungaran Dalam Rangka Efisiensi dengan Metode <i>Saving Matrix, Nearest Insertion,</i> dan <i>Nearest Neighbor.</i>	<i>Saving Matrix, Nearest Insertion,</i> dan <i>Nearest Neighbor.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan cara kerja metode ketiga metode untuk menghasilkan rute pendistribusian yang efektif dan efisien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diterapkan pada kasus Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar Bali</li> <li>Menambahkan proses peramalan <i>demand</i> masing-masing pelanggan pada pemesanan periode berikutnya</li> <li>Menambahkan analisis survei inventarisasi jalan sederhana.</li> </ul>

Penulis	Judul	Metode	Analisis Pembahasan	GAP Research
Kadek Ayu Darmayani (2023)	Optimalisasi Rute Distribusi Pengangkutan Pada PT. Gudang Baru Berkah Kepanjen	<i>Saving matrix</i> dan <i>Nearest Neighbour</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan perhitungan optimalisasi rute pengiriman.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diterapkan pada kasus Perumda Air Minum Tirta Sanjiwani Gianyar Bali</li> <li>Menambahkan proses peramalan <i>demand</i> masing-masing pelanggan pada pemesanan periode berikutnya</li> <li>Menambahkan metode <i>nearest insertion</i> sebagai pembanding dalam optimalisasi rute</li> <li>Menambahkan analisis survei inventarisasi jalan sederhana.</li> </ul>

Sumber : Penulis