



## Optimasi Rute Distribusi Dan Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Kurir Di Ukm Kerupuk Mawar

Alfian Fitrah Bangun Maulana<sup>1</sup>, Handy Febri Satoto<sup>2</sup>,

<sup>1-2</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

Email: [1412200192@surel.untag-sby.ac.id](mailto:1412200192@surel.untag-sby.ac.id)<sup>1</sup>, [handyfebri@untag-sby.ac.id](mailto:handyfebri@untag-sby.ac.id)<sup>2</sup>

\*Penulis Korespondensi : [1412200192@surel.untag-sby.ac.id](mailto:1412200192@surel.untag-sby.ac.id)

**Abstract.** *This study aims to optimize the distribution routes and determine the ideal number of courier workforces at UMKM Kerupuk Mawar, an MSME facing inefficiencies in product delivery. The existing delivery system operates without structural planning, leading to long travel distances, high fuel consumption, and uneven driver workloads. To address these challenges, this research integrates the Saving Matrix method to optimize vehicle routing and the Full-Time Equivalent (FTE) method to evaluate and determine the optimal courier capacity based on actual workloads. Data were collected through direct observation, measuring delivery times, activities, and geographical coordinates of 25 customer locations. The results from the Saving Matrix analysis successfully reshaped the distribution network into optimal circular routes (ritase), reducing the total travel distance by 29.58% and decreasing monthly fuel costs by IDR 1,181,700. Concurrently, the FTE analysis revealed that the existing couriers experienced underload conditions due to unorganized scheduling. By restructuring the workforce based on FTE index projections, the company can operate efficiently with 5 optimized couriers, balancing workload distribution and minimizing idle time. In conclusion, combining routing optimization and workload-based workforce planning provides significant cost efficiency and operational balance for small and medium enterprises.*

**Keywords:** *Courier Workload, Full-Time Equivalent, Routing Optimization, Saving Matrix, Vehicle Routing Problem.*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi dan menentukan jumlah tenaga kerja kurir yang ideal di UMKM Kerupuk Mawar, sebuah usaha mikro yang menghadapi inefisiensi dalam pengiriman produk. Sistem pengiriman eksisting berjalan tanpa perencanaan terstruktur, menyebabkan jarak tempuh panjang, konsumsi bahan bakar tinggi, dan beban kerja pengemudi yang tidak merata. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan metode Saving Matrix untuk mengoptimalkan rute kendaraan dan metode *Full-Time Equivalent* (FTE) untuk mengevaluasi serta menentukan kapasitas kurir yang optimal berdasarkan beban kerja nyata. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dengan mengukur waktu pengiriman, aktivitas kerja, dan koordinat geografis dari 25 lokasi pelanggan. Hasil analisis Saving Matrix berhasil merestrukturisasi jaringan distribusi menjadi rute sirkular (ritase) yang optimal, sehingga mampu mengurangi total jarak tempuh sebesar 29,58% dan menurunkan biaya bahan bakar bulanan sebesar Rp1.181.700,-. Secara bersamaan, analisis FTE mengungkapkan bahwa kurir eksisting mengalami kondisi *underload* akibat penjadwalan yang tidak terorganisir. Dengan menyusun ulang tenaga kerja berdasarkan proyeksi indeks FTE, perusahaan dapat beroperasi secara efisien hanya dengan menggunakan 5 kurir usulan yang optimal, menyeimbangkan distribusi beban kerja, serta meminimalkan waktu menganggur (*idle time*). Kesimpulannya, kombinasi optimasi rute dan perencanaan tenaga kerja berbasis beban kerja memberikan efisiensi biaya dan keseimbangan operasional yang signifikan bagi usaha kecil dan menengah.

**Kata kunci:** Beban Kerja Kurir; *Full-Time Equivalent*; Optimasi Rute; *Saving Matrix*; *Vehicle Routing Problem*.

### 1. LATAR BELAKANG

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan sektor yang memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional, khususnya dalam penyerapan tenaga kerja dan penyediaan produk konsumsi masyarakat. Salah satu jenis UMKM yang

berkembang adalah usaha produksi makanan ringan seperti kerupuk. Dalam menghadapi persaingan pasar yang semakin ketat, efisiensi distribusi menjadi salah satu faktor penting untuk meningkatkan daya saing perusahaan.

Distribusi merupakan aktivitas penting dalam sistem rantai pasok yang berfungsi menyalurkan produk dari produsen ke konsumen. Sistem distribusi yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pemborosan sumber daya, baik dari segi biaya transportasi, waktu pengiriman, maupun penggunaan tenaga kerja. Menurut (Chopra dan Meindl 2016), distribusi yang tidak optimal dapat meningkatkan biaya logistik akibat pemanfaatan sumber daya yang tidak efisien.

UMKM Kerupuk Mawar merupakan usaha yang bergerak di bidang produksi kerupuk dan melakukan distribusi produk ke berbagai wilayah di Kota Surabaya. Aktivitas distribusi dilakukan menggunakan kendaraan roda dua dengan kapasitas terbatas. Namun, sistem distribusi yang diterapkan masih dilakukan secara sederhana berdasarkan pengalaman kurir tanpa adanya perencanaan rute yang sistematis. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya pengulangan jalur distribusi, konsumsi bahan bakar yang berlebih, dan waktu distribusi yang tidak efisien.

Selain permasalahan rute distribusi, penggunaan tenaga kerja pada bagian distribusi juga belum terukur secara optimal. Ketidaksesuaian antara jumlah tenaga kerja dan beban kerja distribusi dapat menyebabkan terjadinya idle time maupun ketidakseimbangan beban kerja antar kurir. Oleh karena itu, diperlukan analisis kebutuhan tenaga kerja agar sistem distribusi dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

*Metode Saving Matrix* merupakan salah satu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Metode ini bekerja dengan menghitung nilai penghematan dari penggabungan dua rute distribusi menjadi satu rute yang lebih efisien. Selain itu, metode *Full Time Equivalent* (FTE) digunakan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja berdasarkan total waktu kerja yang dibutuhkan dibandingkan dengan waktu kerja efektif yang tersedia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi produk kerupuk menggunakan metode *Saving Matrix* dan menentukan kebutuhan tenaga kerja optimal menggunakan metode *Full Time Equivalent* (FTE). Diharapkan hasil penelitian dapat

memberikan rekomendasi sistem distribusi yang lebih efisien bagi UMKM Kerupuk Mawar.

## 2. KAJIAN TEORITIS

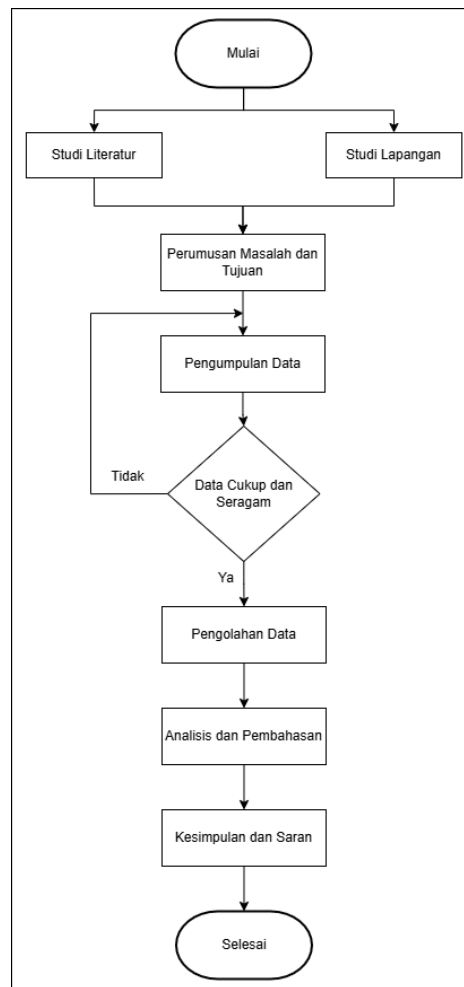
Penelitian mengenai optimasi rute distribusi logistik hilir dan perencanaan kapasitas tenaga kerja berakar pada integrasi teori Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) dan Teknik Tata Cara Kerja (*Methods Engineering*). Masalah penentuan rute kendaraan atau *Vehicle Routing Problem* (VRP) secara umum didefinisikan sebagai upaya meminimalkan total biaya transportasi, jarak tempuh, maupun waktu perjalanan dari satu depo pusat menuju sejumlah simpul konsumen yang tersebar dengan kapasitas kendaraan yang terbatas (Toth dan Vigo 2014). Penentuan rute yang tidak efisien pada aktivitas distribusi hilir sering kali menjadi penyebab utama membengkaknya biaya operasional logistik di tingkat usaha mikro, kecil, dan menengah (Fadli dan Rahmawati 2023). Untuk menyelesaikan kompleksitas permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) tersebut, metode *Saving Matrix* yang pertama kali dikembangkan oleh Clarke dan Wright sering diandalkan sebagai algoritma heuristik yang sangat efektif (Sanjaya dan Pratama 2024) dalam (Clarke dan Wright 1964). Prinsip dasar dari metode ini adalah mengidentifikasi besarnya nilai penghematan (*saving value*) yang diperoleh dengan cara menggabungkan rute-rute pengiriman yang awalnya bersifat linier dan terpisah menjadi satu rute sirkular tunggal atau ritase yang melayani beberapa konsumen sekaligus, selama tidak melanggar batasan kapasitas angkut maksimal dari armada kendaraan yang digunakan (Chopra dan Meindl 2016).

Di sisi lain, efisiensi fisik dari sebuah rute usulan tidak akan berjalan secara optimal dan berkelanjutan apabila tidak diselaraskan dengan kapasitas operasional manusia yang mengemudikannya (Aysyawan dan Satoto 2022). Dalam konteks ini, evaluasi beban kerja fisik kurir dilakukan dengan menerapkan pendekatan analisis tenaga kerja melalui metode *Full-Time Equivalent* (FTE). Berdasarkan konsep teknik tata cara kerja, pengukuran kerja bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang berkualifikasi untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu pada tingkat prestasi yang normal (Pratiwi dan Setiawan 2022) dalam (Sutalaksana, Anggawisastra, dan Tjakraatmadja 2006). Teori FTE mengukur total waktu yang dihabiskan oleh seorang pekerja untuk menyelesaikan rangkaian aktivitas kerja nyata, mulai dari proses pemuatan

barang (*loading*), waktu tempuh di jalan, hingga proses bongkar muat di area konsumen (*unloading*) kemudian membandingkannya dengan standar waktu kerja efektif yang berlaku di perusahaan (Ramadhan dan Sari 2022). Melalui konversi durasi aktivitas tersebut ke dalam indeks FTE, manajemen dapat memetakan performa kerja karyawan secara presisi ke dalam tiga kategori utama, yaitu beban kerja berlebih atau *overload* jika nilai indeks  $> 1,28$ , beban kerja normal atau optimal jika indeks berada di rentang  $1,00 - 1,28$ , atau kekurangan beban kerja atau *underload* jika nilai indeks  $< 1,00$  (Yasmin dan Ariyanti 2019). Integrasi kedua metode ini dalam riset operasi memberikan kebaruan perspektif di mana optimasi jaringan distribusi tidak hanya bertumpu pada efisiensi jarak fisik kendaraan semata, melainkan juga berfokus pada minimalisasi pemborosan waktu menganggur (*idle time*) serta penyeimbangan distribusi beban kerja yang adil bagi para kurir di lapangan.

### 3. METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah penelitian deskriptif analitis dengan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada optimasi sistem kerja dan logistik distribusi (Sutalaksana dkk. 2006). Penelitian ini dilaksanakan di fasilitas operasional dan jaringan distribusi hilir milik UMKM Kerupuk Mawar yang berlokasi di wilayah Surabaya. Aktivitas pengumpulan data di lapangan dijadwalkan dan dilaksanakan selama rentang waktu satu bulan guna menangkap fluktuasi order harian yang representatif. Objek penelitian didefinisikan pada aktivitas pengiriman harian yang melayani 25 simpul pelanggan tetap dengan menggunakan armada kendaraan roda dua berupa sepeda motor yang dilengkapi dengan sarana penunjang berupa bronjong. Batasan kapasitas kendaraan distribusi dalam penelitian ini diasumsikan tetap, yaitu memiliki kapasitas angkut maksimum sebesar 40 kg untuk setiap ritase perjalanan. Data primer dalam penelitian ini dikumpulkan melalui teknik observasi langsung secara menyeluruh menggunakan studi waktu (*time study*) untuk mencatat durasi elemen kegiatan fisik kurir di lapangan. Instrumen pengumpulan data yang digunakan meliputi stopwatch untuk mengukur waktu kerja nyata kurir, lembar pengamatan untuk mencatat volume muatan, serta perangkat *Global Positioning System* (GPS) guna mendokumentasikan koordinat geografis lintasan serta mengukur jarak fisik aktual antar lokasi konsumen yang membentuk matriks jarak awal depo.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahapan analisis data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua fase matematis yang saling terintegrasi secara sekuensial. Fase pertama diarahkan pada pengukuran beban kerja fisik para pengemudi armada distribusi saat ini melalui metode *Full-Time Equivalent* (FTE) untuk mengevaluasi efisiensi kapasitas tenaga kerja eksisting (Yasmin dan Ariyanti 2019). Evaluasi dilakukan dengan menghitung total waktu penyelesaian tugas aktual hasil observasi lapangan seperti waktu pemuatan barang (*loading*), waktu tempuh perjalanan, dan waktu bongkar muat di pelanggan (*unloading*) yang telah dikalikan dengan faktor kelonggaran (*allowance*) serta faktor penyesuaian rating kerja kurir (Sutalaksana dkk. 2006). Nilai indeks FTE kemudian dihitung dengan membagi total jam kerja terukur tersebut dengan standar waktu kerja efektif harian perusahaan sebesar 420 menit per hari kerja per orang. Hasil konversi matematis pada fase ini berfungsi untuk mengidentifikasi persentase waktu menganggur (*idle time*) pengiriman dan membuktikan kondisi ketidakseimbangan beban kerja di lapangan.

Fase kedua dari analisis data dilanjutkan dengan pengoptimalan rute menggunakan algoritma heuristik *Saving Matrix* guna merestrukturisasi jaringan pengiriman berdasarkan hasil evaluasi kapasitas tenaga kerja sebelumnya. Langkah awal dari metode ini dimulai dengan penyusunan *distance matrix* berdasarkan koordinat geografis 25 pelanggan, diikuti dengan perhitungan nilai penghematan rute menggunakan persamaan  $S(i, j) = D(D, i) + (D(D, j) - D(i, j))$  di mana  $S(i, j)$  melambangkan nilai penghematan dari penggabungan rute konsumen  $i$  dan  $j$ , sedangkan  $D(D, i)$  dan  $(D(D, j))$  berturut-turut merupakan jarak dari depo ke konsumen  $i$  dan  $j$ , dan  $D(i, j)$  melambangkan jarak langsung antara kedua konsumen tersebut (Chopra dan Meindl 2016). Selanjutnya, matriks penghematan disusun dari nilai terbesar ke terkecil guna mengalokasikan konsumen ke dalam rute sirkular baru atau ritase usulan. Penggabungan rute usulan tersebut wajib mematuhi parameter kendala utama (*constraint*), di mana akumulasi total muatan gabungan konsumen tidak boleh melampaui batas kapasitas angkut maksimal kendaraan sepeda motor sebesar 40 kg. Proyeksi rute baru yang lebih padat dan efisien ini pada akhirnya digunakan sebagai basis final untuk menentukan kuantitas jumlah tenaga kerja kurir usulan yang paling optimal dan proporsional bagi UMKM Kerupuk Mawar.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat proses pengolahan data hasil observasi lapangan operasional UMKM Kerupuk Mawar di Surabaya yang meliputi visualisasi analisis beban kerja eksisting dan perancangan rute distribusi usulan baru.,

##### 4.1 Analisis Evaluasi Beban Kerja Kurir Eksisting (FTE)

Berdasarkan hasil studi waktu harian yang dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap aktivitas kerja kurir eksisting, dilakukan perhitungan total waktu penyelesaian tugas yang disesuaikan dengan kelonggaran fisik. Hasil perhitungan dikonversi menjadi indeks beban kerja baku menggunakan metode *Full-Time Equivalent* (FTE).

Tabel 1. Rekapitulasi Indeks Kebutuhan Tenaga Kerja Kurir Eksisting

| No | Nama Kurir | Total Waktu Kerja | Waktu Kerja Efektif | Skor Indeks FTE | Kategori Beban Kerja |
|----|------------|-------------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| 1  | Kurir 01   | 185               | 297                 | 0,62            | <i>Underload</i>     |

|                          |          |              |            |             |                         |
|--------------------------|----------|--------------|------------|-------------|-------------------------|
| 2                        | Kurir 02 | 215          | 297        | 0,72        | <i>Underload</i>        |
| 3                        | Kurir 03 | 180          | 297        | 0,61        | <i>Underload</i>        |
| 4                        | Kurir 04 | 225          | 297        | 0,76        | <i>Underload</i>        |
| 5                        | Kurir 05 | 170          | 297        | 0,57        | <i>Underload</i>        |
| 6                        | Kurir 06 | 210          | 297        | 0,71        | <i>Underload</i>        |
| 7                        | Kurir 07 | 190          | 297        | 0,64        | <i>Underload</i>        |
| 8                        | Kurir 08 | 185          | 297        | 0,62        | <i>Underload</i>        |
| <b>Total Semua Kurir</b> |          | <b>1.560</b> | -          | -           | -                       |
| <b>Rata-rata</b>         |          | <b>195</b>   | <b>297</b> | <b>0,65</b> | <b><i>Underload</i></b> |

Berdasarkan Tabel 1 di atas, terlihat bahwa seluruh kurir yang bekerja saat ini memiliki skor indeks FTE di bawah nilai 1,00. Skor tertinggi berada pada Kurir 04 dengan nilai 0,76 dan skor terendah berada pada Kurir 05 dengan nilai 0,57. Secara keseluruhan, nilai rata-rata indeks FTE armada distribusi eksisting adalah sebesar 0,65. Sesuai dengan batasan standar ergonomi kerja dan perancangan sistem kerja, nilai indeks  $< 1,00$  mengindikasikan terjadinya kondisi kekurangan beban kerja nyata atau *underload*. Kurir sering kali menghabiskan waktu tunggu yang lama karena penugasan jadwal keberangkatan armada tidak terorganisir dan fluktuasi harian order konsumen tidak terpetakan dengan baik, sehingga utilitas kapasitas tenaga kerja harian menjadi sangat rendah.

#### 4.1.1 Penentuan Jumlah Kapasitas Optimal Tenaga Kerja Kurir Usulan

Kondisi *underload* yang dialami oleh seluruh kurir eksisting pada analisis sebelumnya, diperlukan tindakan restrukturisasi kapasitas sumber daya manusia sebelum melakukan perbaikan pada sistem logistik kendaraan. Penataan ulang kuantitas tenaga kerja dilakukan dengan menghitung kembali proyeksi kebutuhan personil yang ideal berdasarkan total beban kerja kumulatif tahunan atau harian yang ada di UMKM Kerupuk Mawar.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Skor FTE Usulan

| No | Nama Kurir Usulan | Total Waktu Kerja | Est. Waktu Kerja (Menit) | Skor Indeks FTE | Kategori Beban Kerja |
|----|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|
| 1  | Kurir 01          | 312               | 297                      | 1,05            | Optimal              |
| 2  | Kurir 02          | 312               | 297                      | 1,05            | Optimal              |
| 3  | Kurir 03          | 312               | 297                      | 1,05            | Optimal              |
| 4  | Kurir 04          | 312               | 297                      | 1,05            | Optimal              |
| 5  | Kurir 05          | 312               | 297                      | 1,05            | Optimal              |

|                  |            |            |             |                |
|------------------|------------|------------|-------------|----------------|
| <b>Rata-rata</b> | <b>312</b> | <b>297</b> | <b>1,05</b> | <b>Optimal</b> |
|------------------|------------|------------|-------------|----------------|

Melalui restrukturisasi jumlah tenaga kerja berdasarkan proyeksi data beban kerja pada Tabel 2, kuantitas kurir disesuaikan menjadi jumlah kurir usulan yang optimal. Penyesuaian kapasitas yang dilakukan sebelum masuk ke fase perbaikan logistik ini terbukti mampu mendistribusikan beban kerja secara lebih merata. Seluruh personil kurir usulan yang terpilih kini dapat bekerja pada rentang indeks performa kerja yang optimal dan normal (berada pada rentang nilai indeks 1,00 – 1,28), sehingga status underload berhasil dieliminasi tanpa memicu risiko kelelahan fisik berlebih (*overload*) bagi para pekerja.

#### 4.1.2 Matriks Jarak Asal-Tujuan

Matriks jarak asal-tujuan diukur berdasarkan jarak tempuh jaringan jalan raya untuk armada sepeda motor. Titik pusat distribusi (Gudang) ditetapkan pada koordinat Jl. Simorejo Sari B Gang 14 No. 47 (Sukomanunggal), sedangkan titik tujuan merupakan pusat aktivitas harian dari masing-masing kecamatan. Jarak dari Gudang ke Kecamatan serta jarak penghubung antar-kecamatan disajikan secara berurutan dalam satuan kilometer (km) pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut:

Tabel 3. Data Wilayah Pelayanan dan Volume Permintaan

| No | Kode Agen | Nama Kecamatan | Jarak dari Gudang (km) | Volume Permintaan (kg) |
|----|-----------|----------------|------------------------|------------------------|
| 1  | A         | Sukomanunggal  | 1.5                    | 90                     |
| 2  | B         | Tandes         | 3.2                    | 80                     |
| 3  | C         | Sambikerep     | 8.5                    | 40                     |
| 4  | D         | Bubutan        | 4.8                    | 80                     |
| 5  | E         | Genteng        | 6.5                    | 70                     |
| 6  | F         | Tegalsari      | 7.2                    | 60                     |
| 7  | G         | Gubeng         | 9.8                    | 50                     |
| 8  | H         | Tambaksari     | 7.5                    | 60                     |
| 9  | I         | Krembangan     | 5.2                    | 70                     |
| 10 | J         | Sawahan        | 4.0                    | 80                     |
| 11 | K         | Wonokromo      | 8.2                    | 60                     |
| 12 | L         | Karangpilang   | 15.4                   | 25                     |
| 13 | M         | Wiyung         | 10.5                   | 35                     |
| 14 | N         | Jambangan      | 12.0                   | 30                     |
| 15 | O         | Rungkut        | 16.5                   | 25                     |
| 16 | P         | Gunung Anyar   | 18.2                   | 20                     |
| 17 | Q         | Sukolilo       | 14.0                   | 30                     |
| 18 | R         | Benowo         | 11.8                   | 30                     |



|    |   |              |      |             |
|----|---|--------------|------|-------------|
| 19 | S | Pakal        | 14.2 | 30          |
| 20 | T | Bulak        | 11.0 | 35          |
| -  |   | <b>Total</b> | -    | <b>1000</b> |

Tabel 4. Matriks Jarak Gudang ke Kecamatan dan Antar-Kecamatan (km)

| Ti<br>ti<br>k | G             | A             | B             | C             | D             | E             | F       | G             | H             | I             | J             | K       | L       | M       | N       | O | P | Q | R | S | T |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|
| G             | 0.<br>0       |               |               |               |               |               |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| A             | 1.<br>5       | 0.<br>0       |               |               |               |               |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| B             | 3.<br>2       | 2.<br>1       | 0.<br>0       |               |               |               |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| C             | 8.<br>5       | 7.<br>2       | 5.<br>4       | 0.<br>0       |               |               |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| D             | 4.<br>8       | 4.<br>2       | 5.<br>1       | 9.<br>5       | 0.<br>0       |               |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| E             | 6.<br>5       | 5.<br>8       | 6.<br>7       | 1.<br>1.<br>2 | 1.<br>8       | 0.<br>0       |         |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| F             | 7.<br>2       | 6.<br>3       | 7.<br>4       | 1.<br>1.<br>0 | 2.<br>5       | 1.<br>2       | 0.<br>0 |               |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| G             | 9.<br>8       | 9.<br>1       | 1.<br>0.<br>2 | 1.<br>4.<br>5 | 5.<br>2       | 3.<br>5       | 3.<br>0 | 0.<br>0       |               |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| H             | 7.<br>5       | 6.<br>9       | 7.<br>8       | 1.<br>3.<br>0 | 3.<br>4       | 2.<br>8       | 3.<br>2 | 2.<br>4       | 0.<br>0       |               |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| I             | 5.<br>2       | 4.<br>8       | 4.<br>5       | 9.<br>8       | 2.<br>2       | 3.<br>0       | 3.<br>8 | 6.<br>0       | 4.<br>2       | 0.<br>0       |               |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| J             | 4.<br>0       | 3.<br>2       | 4.<br>1       | 8.<br>2       | 2.<br>0       | 2.<br>5       | 2.<br>2 | 4.<br>0       | 3.<br>5       | 2.<br>8       | 0.<br>0       |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| K             | 8.<br>2       | 7.<br>5       | 8.<br>4       | 1.<br>2.<br>5 | 4.<br>0       | 3.<br>2       | 2.<br>1 | 3.<br>0       | 3.<br>8       | 5.<br>0       | 4.<br>2       | 0.<br>0 |         |         |         |   |   |   |   |   |   |
| L             | 1.<br>5.<br>4 | 1.<br>4.<br>2 | 1.<br>3.<br>5 | 9.<br>0       | 1.<br>1.<br>2 | 1.<br>0.<br>5 | 9.<br>8 | 1.<br>1.<br>0 | 1.<br>2.<br>5 | 1.<br>3.<br>0 | 1.<br>1.<br>4 | 8.<br>5 | 0.<br>0 |         |         |   |   |   |   |   |   |
| M             | 1.<br>0.<br>5 | 9.<br>2       | 8.<br>5       | 4.<br>5       | 7.<br>8       | 8.<br>2       | 7.<br>5 | 9.<br>8       | 1.<br>1.<br>0 | 1.<br>0.<br>2 | 7.<br>0       | 6.<br>2 | 5.<br>0 | 0.<br>0 |         |   |   |   |   |   |   |
| N             | 1.<br>2.<br>0 | 1.<br>1.<br>2 | 1.<br>2.<br>0 | 1.<br>3.<br>5 | 8.<br>8       | 7.<br>5       | 6.<br>4 | 5.<br>2       | 7.<br>0       | 9.<br>5       | 8.<br>0       | 4.<br>5 | 6.<br>0 | 5.<br>8 | 0.<br>0 |   |   |   |   |   |   |

|   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |          |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| O | 1<br>6.<br>5 | 1<br>5.<br>8 | 1<br>6.<br>2 | 1<br>9.<br>5 | 1<br>2.<br>2 | 1<br>1.<br>0 | 1<br>0.<br>2 | 7.<br>5      | 9.<br>0      | 1<br>4.<br>0 | 1<br>2.<br>5 | 8.<br>8      | 1<br>2.<br>0 | 1<br>1.<br>5 | 6.<br>8      | 0.<br>0      |              |              |              |              |          |
| P | 1<br>8.<br>2 | 1<br>7.<br>5 | 1<br>8.<br>0 | 2<br>1.<br>0 | 1<br>4.<br>0 | 1<br>2.<br>8 | 1<br>2.<br>0 | 9.<br>2      | 1<br>0.<br>8 | 1<br>5.<br>8 | 1<br>4.<br>2 | 1<br>0.<br>5 | 1<br>1.<br>0 | 1<br>2.<br>2 | 8.<br>2      | 3.<br>5      | 0.<br>0      |              |              |              |          |
| Q | 1<br>4.<br>0 | 1<br>3.<br>2 | 1<br>4.<br>0 | 1<br>8.<br>0 | 9.<br>5      | 7.<br>8      | 7.<br>2      | 4.<br>5      | 5.<br>2      | 1<br>1.<br>2 | 1<br>0.<br>0 | 6.<br>5      | 1<br>3.<br>5 | 1<br>2.<br>0 | 8.<br>0      | 4.<br>2      | 6.<br>5      | 0.<br>0      |              |              |          |
| R | 1<br>1.<br>8 | 1<br>0.<br>5 | 8.<br>8      | 6.<br>2      | 1<br>2.<br>0 | 1<br>3.<br>5 | 1<br>4.<br>0 | 1<br>6.<br>5 | 1<br>5.<br>2 | 1<br>0.<br>8 | 1<br>1.<br>2 | 1<br>5.<br>0 | 1<br>7.<br>5 | 1<br>0.<br>2 | 1<br>6.<br>0 | 2<br>1.<br>5 | 2<br>3.<br>0 | 1<br>9.<br>8 | 0.<br>0      |              |          |
| S | 1<br>4.<br>2 | 1<br>3.<br>0 | 1<br>1.<br>2 | 8.<br>5      | 1<br>4.<br>5 | 1<br>5.<br>8 | 1<br>6.<br>2 | 1<br>8.<br>8 | 1<br>7.<br>5 | 1<br>3.<br>2 | 1<br>3.<br>5 | 1<br>7.<br>2 | 1<br>9.<br>8 | 1<br>2.<br>5 | 1<br>8.<br>2 | 2<br>3.<br>8 | 2<br>5.<br>2 | 2<br>2.<br>0 | 3.<br>0      | 0.<br>0      |          |
| T | 1<br>1.<br>0 | 1<br>0.<br>2 | 1<br>0.<br>8 | 1<br>6.<br>0 | 6.<br>5      | 5.<br>0      | 5.<br>5      | 4.<br>2      | 3.<br>5      | 7.<br>8      | 8.<br>5      | 7.<br>2      | 1<br>6.<br>0 | 1<br>4.<br>5 | 9.<br>8      | 8.<br>5      | 1<br>1.<br>2 | 4.<br>8      | 1<br>6.<br>2 | 1<br>8.<br>5 | 0<br>. 0 |

#### 4.1.3 Perhitungan Matriks Penghematan (Saving Matrix)

Langkah selanjutnya setelah menentukan matriks jarak asal-tujuan (gudang ke kecamatan dan antar-kecamatan) adalah menghitung nilai penghematan (*saving value*). Nilai penghematan ini berfungsi untuk mengukur seberapa besar efisiensi jarak tempuh harian yang bisa diperoleh jika armada pengiriman menggabungkan dua rute kecamatan eksisting menjadi satu rute usulan (*Milk Run*). Pada tahap ini, penamaan kode wilayah menggunakan format alfabetis tunggal A, B, C hingga T di mana setiap huruf merujuk langsung pada identitas wilayah kecamatan. Setiap titik koordinat yang dihitung berbasis pada titik pusat dari masing-masing kecamatan sebagai entitas tujuan tunggal.

Tabel 5. Matriks Nilai Penghematan Jarak

|          | A       | B        | C       | D        | E | F | G_<br>Ke<br>c | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|----------|---------|----------|---------|----------|---|---|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>A</b> | 0.<br>0 |          |         |          |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>B</b> | 2.<br>6 | 0<br>. 0 |         |          |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>C</b> | 2.<br>8 | 6<br>. 3 | 0.<br>0 |          |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>D</b> | 2.<br>1 | 2<br>. 9 | 3.<br>8 | 0<br>. 0 |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|               |         |             |              |             |              |              |          |              |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
|---------------|---------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| E             | 2.<br>2 | 3<br>.<br>0 | 3.<br>8      | 9<br>.<br>5 | 0.<br>0      |              |          |              |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| F             | 2.<br>4 | 3<br>.<br>0 | 4.<br>7      | 9<br>.<br>5 | 1<br>2.<br>5 | 0.<br>0      |          |              |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| G_<br>Ke<br>c | 2.<br>2 | 2<br>.<br>8 | 3.<br>8      | 9<br>.<br>4 | 1<br>2.<br>8 | 1<br>4.<br>0 | 0.0      |              |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| H             | 2.<br>1 | 2<br>.<br>9 | 3.<br>0      | 8<br>.<br>9 | 1<br>1.<br>2 | 1<br>1.<br>5 | 14.<br>9 | 0.<br>0      |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| I             | 1.<br>9 | 3<br>.<br>9 | 3.<br>9      | 7<br>.<br>8 | 8.<br>7      | 8.<br>6      | 9.0      | 8.<br>5      | 0<br>.<br>0 |             |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| J             | 2.<br>3 | 3<br>.<br>1 | 4.<br>3      | 6<br>.<br>8 | 8.<br>0      | 9.<br>0      | 9.8      | 8.<br>0      | 6<br>.<br>4 | 0<br>.<br>0 |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| K             | 2.<br>2 | 3<br>.<br>0 | 4.<br>2      | 9<br>.<br>0 | 1<br>1.<br>5 | 1<br>3.<br>3 | 15.<br>0 | 1<br>1.<br>9 | 8<br>.<br>4 | 8<br>.<br>0 | 0.<br>0      |              |              |              |              |              |              |              |             |             |
| L             | 2.<br>7 | 5<br>.<br>1 | 1<br>4.<br>9 | 9<br>.<br>0 | 1<br>1.<br>5 | 1<br>2.<br>8 | 14.<br>2 | 1<br>0.<br>4 | 7<br>.<br>6 | 8<br>.<br>0 | 1<br>5.<br>1 | 0.<br>0      |              |              |              |              |              |              |             |             |
| M             | 2.<br>8 | 5<br>.<br>2 | 1<br>4.<br>5 | 7<br>.<br>5 | 8.<br>8      | 1<br>0.<br>2 | 10.<br>5 | 7.<br>0      | 5<br>.<br>5 | 7<br>.<br>5 | 1<br>2.<br>5 | 2<br>0.<br>9 | 0.<br>0      |              |              |              |              |              |             |             |
| N             | 2.<br>3 | 3<br>.<br>2 | 7.<br>0      | 8<br>.<br>0 | 1<br>1.<br>0 | 1<br>2.<br>8 | 16.<br>6 | 1<br>2.<br>5 | 7<br>.<br>7 | 8<br>.<br>0 | 1<br>5.<br>7 | 2<br>1.<br>4 | 1<br>6.<br>7 | 0.<br>0      |              |              |              |              |             |             |
| O             | 2.<br>2 | 3<br>.<br>5 | 5.<br>5      | 9<br>.<br>1 | 1<br>2.<br>0 | 1<br>3.<br>5 | 18.<br>8 | 1<br>5.<br>0 | 7<br>.<br>7 | 8<br>.<br>0 | 1<br>5.<br>9 | 1<br>9.<br>9 | 1<br>5.<br>5 | 2<br>1.<br>7 | 0.<br>0      |              |              |              |             |             |
| P             | 2.<br>2 | 3<br>.<br>4 | 5.<br>7      | 9<br>.<br>0 | 1<br>1.<br>9 | 1<br>3.<br>4 | 18.<br>8 | 1<br>4.<br>9 | 7<br>.<br>6 | 8<br>.<br>0 | 1<br>5.<br>9 | 2<br>2.<br>6 | 1<br>6.<br>5 | 2<br>2.<br>0 | 3<br>1.<br>2 | 0.<br>0      |              |              |             |             |
| Q             | 2.<br>3 | 3<br>.<br>2 | 4.<br>5      | 9<br>.<br>3 | 1<br>2.<br>7 | 1<br>4.<br>0 | 19.<br>3 | 1<br>6.<br>3 | 8<br>.<br>0 | 8<br>.<br>0 | 1<br>5.<br>7 | 1<br>5.<br>9 | 1<br>2.<br>5 | 1<br>8.<br>0 | 2<br>6.<br>3 | 2<br>5.<br>7 | 0.<br>0      |              |             |             |
| R             | 2.<br>8 | 6<br>.<br>2 | 1<br>4.<br>1 | 4<br>.<br>6 | 4.<br>8      | 5.<br>0      | 5.1      | 4.<br>1      | 6<br>.<br>2 | 4<br>.<br>6 | 5.<br>0      | 9.<br>7      | 1<br>2.<br>1 | 7.<br>8      | 6.<br>8      | 7.<br>0      | 6.<br>0      | 0.<br>0      |             |             |
| S             | 2.<br>7 | 6<br>.<br>2 | 1<br>4.<br>2 | 4<br>.<br>5 | 4.<br>9      | 5.<br>2      | 5.2      | 4.<br>2      | 6<br>.<br>2 | 4<br>.<br>7 | 5.<br>2      | 9.<br>8      | 1<br>2.<br>2 | 8.<br>0      | 6.<br>9      | 7.<br>2      | 6.<br>2      | 2<br>3.<br>0 | 0<br>.<br>0 |             |
| T             | 2.<br>3 | 3<br>.<br>4 | 3.<br>5      | 9<br>.<br>3 | 1<br>2.<br>5 | 1<br>2.<br>7 | 16.<br>6 | 1<br>5.<br>0 | 8<br>.<br>4 | 6<br>.<br>5 | 1<br>2.<br>0 | 1<br>0.<br>4 | 7.<br>0      | 1<br>3.<br>2 | 1<br>9.<br>0 | 1<br>8.<br>0 | 2<br>0.<br>2 | 6.<br>6      | 6<br>.<br>7 | 0<br>.<br>0 |

Tabel 5. menyajikan nilai penghematan jarak dari 190 kombinasi pasangan kecamatan. Secara garis besar, hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa kombinasi antara Agen O (Rungkut) dan Agen P (Gunung Anyar) memiliki potensi efisiensi paling besar dengan nilai penghematan mencapai 31.2 km, sehingga pasangan ini diprioritaskan untuk digabungkan ke dalam satu rute sirkular.

#### 4.1.4 Hasil Pembentukan Klaster Rute Distribusi Usulan Baru

Seluruh hasil iterasi pembentukan rute berdasarkan konstrain kapasitas dan penghematan jarak di atas kemudian didelegasikan secara merata kepada 5 kurir usulan (hasil rekomendasi perhitungan indeks Full Time Equivalent FTE).

Tabel 6. Rekapitulasi Penjadwalan dan Alokasi Rute Usulan Akhir

| No Kurir | No Ritase | Urutan Rute Perjalanan Usulan                         | Muatan Angkut (kg) | Jarak Rute (km) | Keterangan Distribusi  |
|----------|-----------|-------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| Kurir 1  | 1         | Gudang → Sukomanunggal (A) → Gudang                   | 40                 | 3.0             | Direct Trip 1 (Full)   |
|          | 2         | Gudang → Sukomanunggal (A) → Gudang                   | 40                 | 3.0             | Direct Trip 2 (Full)   |
|          | 3         | Gudang → Tandes (B) → Gudang                          | 40                 | 6.4             | Direct Trip 1 (Full)   |
|          | 4         | Gudang → Tandes (B) → Gudang                          | 40                 | 6.4             | Direct Trip 2 (Full)   |
| Kurir 2  | 5         | Gudang → Sawahan (J) → Gudang                         | 40                 | 8.0             | Direct Trip 1 (Full)   |
|          | 6         | Gudang → Sawahan (J) → Gudang                         | 40                 | 8.0             | Direct Trip 2 (Full)   |
|          | 7         | Gudang → Bubutan (D) → Gudang                         | 40                 | 9.6             | Direct Trip 1 (Full)   |
|          | 8         | Gudang → Bubutan (D) → Gudang                         | 40                 | 9.6             | Direct Trip 2 (Full)   |
| Kurir 3  | 9         | Gudang → Krembangan (I) → Benowo (R) → Gudang         | 40                 | 22.8            | Sirkular Barat-Utara   |
|          | 10        | Gudang → Genteng (E) → Tegalsari (F) → Gudang         | 40                 | 14.9            | Sirkular Pusat Kota    |
|          | 11        | Gudang → Sukomanunggal (Sisa A) → Sambikerep → Gudang | 30                 | 17.2            | Konsolidasi Sisa Barat |
| Kurir 4  | 12        | Gudang → Tambaksari (H) → Bulak (T) → Gudang          | 40                 | 22.0            | Sirkular Utara-Timur   |
|          | 13        | Gudang → Wonokromo (K) → Jambangan (N) → Gudang       | 40                 | 14.8            | Sirkular Selatan       |
|          | 14        | Gudang → Gubeng (G) → Sukolilo (Q) → Gudang           | 40                 | 21.3            | Sirkular Wilayah Timur |
| Kurir 5  | 15        | Gudang → Wiyung (M) → Karangpilang (L) → Gudang       | 35                 | 30.9            | Sirkular Barat-Selatan |

|   |    |                                                  |                 |                 |                              |
|---|----|--------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|   | 16 | Gudang - Rungkut (O) → Gunung Anyar (P) → Gudang | 40              | 38.2            | Peringkat 1 (Split Delivery) |
| - | -  | <b>TOTAL AKUMULASI JALUR USULAN</b>              | <b>1.000 kg</b> | <b>214.1 km</b> | Sinkron                      |

Berdasarkan hasil pemetaan rute baru pada Tabel 6, penggunaan algoritma *Saving Matrix* berhasil merestrukturisasi pola distribusi barang secara masif. Pola pengiriman yang semula dilakukan secara terpisah oleh masing-masing kurir eksisting kini telah terkonsolidasi menjadi 16 ritase perjalanan yang terbagi habis secara proporsional kepada 5 kurir usulan.

Melalui penjadwalan ini, utilitas kapasitas angkut kendaraan dapat dioptimalkan hingga mendekati batas maksimum (40 kg) pada mayoritas ritase, sekaligus mengeliminasi adanya tumpang tindih area kunjungan antar-kurir. Pembentukan rute usulan dengan total akumulasi jarak sebesar 214.1 km ini selanjutnya akan dijadikan parameter utama dalam melakukan analisis komparasi efisiensi terhadap performa jaringan distribusi eksisting perusahaan.

#### 4.1.5 Analisis Perbandingan dan Efisiensi Konsumsi BBM

Perhitungan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) didasarkan pada total jarak tempuh harian armada dikalikan dengan konstanta konsumsi rata-rata kendaraan (Saputra dan Lestari 2022) roda dua yang digunakan oleh kurir, yaitu sebesar 1 Liter untuk setiap 30 kilometer (1:30 km). Jenis BBM yang digunakan sebagai standar perhitungan adalah Pertalite dengan fluktuasi harga acuan sebesar Rp10.000 - per liter.

Tabel 7. Rekapitulasi Perbandingan Konsumsi Biaya BBM Harian

| Elemen Parameter Distribusi           | Kondisi Eksisting (8 Kurir) | Kondisi Usulan (5 Kurir) | Nilai Penghematan (Savings) |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Total Jarak Tempuh Armada (Km/Hari)   | 385,6                       | 214,1                    | 171,5                       |
| Volume Kebutuhan BBM (Liter/Hari)     | 12,85                       | 7,14                     | 5,71                        |
| Biaya Operasional BBM Harian (Rupiah) | Rp128.500,-                 | Rp71.400,-               | Rp57.100,-                  |

Berdasarkan data perbandingan pada tabel 7, analisis kalkulasi matematis menunjukkan adanya penurunan konsumsi logistik yang sangat signifikan. Pada kondisi eksisting dengan total jarak tempuh 385,6 km/hari, volume BBM yang dihabiskan oleh 8

kurir mencapai 12,85 Liter/hari dengan serapan biaya sebesar Rp128.500,-/hari. Setelah dilakukan restrukturisasi rute menjadi rute sirkular sirkuler yang teratur dengan batas muatan maksimal 40 kg, total jarak pangkas menjadi 214,1 km/hari. Kondisi usulan yang dijalankan oleh 5 kurir ini hanya memerlukan volume BBM sebesar 7,14 Liter/hari atau setara dengan pengeluaran biaya harian sebesar Rp71.400,-/hari.

Keberhasilan pemangkasan lintasan distribusi ini memberikan dampak akumulatif finansial yang besar bagi kelangsungan usaha mikro tersebut. Pihak perusahaan dapat memotong pengeluaran kas logistik harian sebesar Rp57.100,-. Jika diakumulasikan dalam jangka menengah dengan asumsi 25 hari kerja aktif per bulan, nilai penghematan yang diperoleh perusahaan adalah sebesar Rp1.427.500,- per bulan. Lebih lanjut, analisis dalam jangka panjang dengan parameter asumsi 300 hari kerja aktif per tahun membuktikan bahwa integrasi perbaikan rute ini mampu menyelamatkan modal operasional finansial UMKM Kerupuk Mawar dari pemborosan biaya BBM hingga mencapai Rp17.130.000,- per tahun.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis data pada distribusi UMKM Kerupuk Mawar di Surabaya, dapat disimpulkan bahwa integrasi metode *Full Time Equivalent* (FTE) dan algoritma *Saving Matrix* secara efektif memecahkan masalah kapasitas tenaga kerja dan inefisiensi logistik hilir. Evaluasi awal menunjukkan 8 kurir eksisting berada dalam kondisi tidak produktif atau underload (indeks FTE <1,00) akibat jadwal yang tidak teratur. Sebagai solusi, restrukturisasi kapasitas berhasil mengoptimalkan jumlah pekerja menjadi hanya 5 kurir usulan, yang teruji mampu menyeimbangkan beban kerja pada rentang indeks normal (1,00-1,28). Setelah kapasitas SDM dibenahi, penerapan rute sirkular baru melalui algoritma *Saving Matrix* dengan batasan kapasitas angkut maksimal 40 kg sukses memangkas total jarak tempuh harian dari 385,6 km menjadi 214,1 km, atau mencapai efisiensi jarak sebesar 44,48%. Secara finansial, pemangkasan rute ini memotong pengeluaran biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) sebesar Rp57.100,- per hari, yang berimplikasi pada penghematan kas operasional perusahaan sebesar Rp1.427.500,- per bulan (asumsi 25 hari kerja) atau mencapai Rp17.130.000,- per tahun (asumsi 300 hari kerja).

Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada asumsi waktu tempuh rute yang bersifat konstan atau statis, sehingga belum mampu menangkap gangguan eksternal dinamis seperti fluktuasi kemacetan lalu lintas perkotaan. Oleh karena itu, saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan pemodelan rute distribusi dengan mempertimbangkan batasan jendela waktu pelanggan (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*) serta mengintegrasikan algoritma optimasi berbasis *Geographic Information System* (GIS) guna meningkatkan presisi dan akurasi wilayah cakupan distribusi yang lebih luas.

## DAFTAR REFERENSI

- Aysyiwawan, Panji Vega, dan Handy Febri Satoto. 2022. “Analisis Pengukuran Waktu Kerja dan Beban Kerja Mental Guna Menentukan Tenaga Kerja Yang Optimal Pada CV. XYZ.” Hlm. 183–92 dalam *Senakama: Prosiding Seminar Nasional Karya Ilmiah Mahasiswa*. Vol. 1.
- Chopra, Sunil, dan Peter Meindl. 2016. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 6 ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Clarke, Geoff, dan John W. Wright. 1964. “Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points.” *Operations Research* 12(4):568–81. doi:10.1287/opre.12.4.568.
- Fadli, M. R., dan E. Rahmawati. 2023. “Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Meminimalkan Biaya Transportasi.” *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri* 9(2):145–54.
- Pratiwi, A. D., dan B. Setiawan. 2022. “Penerapan Metode Saving Matrix dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Guna Meminimalkan Jarak Tempuh Armada.” *Jurnal Optimasi Sistem Industri* 15(1):78–87.
- Ramadhan, F., dan N. Sari. 2022. “Integrasi Pengukuran Waktu Kerja Standar dan Beban Kerja untuk Optimalisasi Proses Operasional.” *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri* 18(1):40–49.
- Sanjaya, M. F., dan R. Pratama. 2024. “Analisis Rute Distribusi Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings.” *Jurnal Riset Operasional Jaringan Logistik* 8(1):12–23.

- Saputra, H., dan T. Lestari. 2022. “Analisis Pengaruh Jarak Tempuh Sirkular Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Minyak Armada Distribusi.” *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik* 9(3):215–24.
- Sutalaksana, Iftikat Z., Ruhana Anggawisastra, dan John H. Tjakraatmadja. 2006. “Teknik perancangan sistem kerja.”
- Toth, Paolo, dan Daniele Vigo. 2014. *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. 2nd ed. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Yasmin, A., dan S. Ariyanti. 2019. “Analisis Beban Kerja Karyawan Menggunakan Metode Full Time Equivalent (FTE) pada Divisi Logistik Perusahaan Ritel.” *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik* 3(1):55–66.