

PERANCANGAN RUTE KENDARAAN UNTUK SURAT KABAR PIKIRAN RAKYAT MENGGUNAKAN MODEL VEHICLE ROUTING PROBLEM HOMOGENEOUS FLEET SIZE UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA PERJALANAN

DESIGN VEHICLE ROUTES FOR PIKIRAN RAKYAT NEWSPAPER USING HOMOGENEOUS FLEET SIZE VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE TRAVEL COSTS

Muhammad Stivandry Wilandria Syofrinaldy Noor¹, Rio Aurachman²,
Putu Giri Artha Kusuma³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

stivandry@student.telkomuniversity.ac.id¹, rioaurachman@telkomuniversity.ac.id²,
putugiriak@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

PT. Pikiran Rakyat Bandung merupakan perusahaan surat kabar yang memiliki fokus pemasaran surat kabar di Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten. Dalam pemasaran, dibutuhkan jalur distribusi yang baik agar surat kabar sampai ke tangan pelanggan dengan meminimalkan biaya perjalanan. Banyaknya rute pada pengiriman surat kabar Pikiran Rakyat yang menyebabkan jarak tempuh kendaraan dan total biaya perjalanan tinggi, sedangkan potensial kapasitas kendaraan tidak dimaksimalkan. Maka dari itu dilakukan perancangan rute kendaraan untuk meminimalkan biaya perjalanan. Model Vehicle routing problem (VRP) merupakan penentuan serangkaian rute yang setiap rutenya tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar batasan-batasan yang ditetapkan serta dapat meminimalkan biaya transportasi. Model ini akan digunakan dalam tugas akhir ini dengan menggunakan algoritma Simulated Annealing (SA) sebagai metode penentuan rute. SA dapat memberikan keuntungan untuk mendapat hasil minimum global dari fungsi objektif dalam ruang pencarian yang kompleks secara efisien. Dalam penentuan rute akan menggunakan modul CVRP dari Google OR-Tools dalam bahasa Python. Dari hasil tugas akhir ini akan mendapatkan usulan rute kendaraan dan biaya kendaraan yang dihasilkan.

Kata kunci: Surat Kabar, *Vehicle Routing Problem*, *Simulated Annealing*, *Homogenous Fleet Size*, Google OR-Tools

Abstract

PT. Pikiran Rakyat Bandung is a newspaper company that focuses on newspaper marketing in West Java, DKI Jakarta and Banten. In marketing, a good distribution channel is needed so that newspapers reach customers while minimizing travel costs. The number of routes in the delivery of Pikiran Rakyat newspaper causes the vehicle mileage and total travel costs to be high, while the potential vehicle capacity is not maximized. Therefore, it is necessary to design vehicle routes to minimize travel costs. The Vehicle routing problem (VRP) model is the determination of a series of routes, each of which is carried out by a vehicle that starts the journey from the depot and returns to the depot to meet consumer demand without violating the established boundaries and can minimize transportation costs. This model will be used in this final project using the Simulated Annealing (SA) algorithm as a route determination method. SA can provide the advantage of efficiently obtaining global minimum results from objective functions in complex search spaces. In determining the route, we will use the CVRP module from Google OR-Tools in Python. From the results of this final project will get a proposed vehicle route and the resulting vehicle costs.

Keywords: *Newspaper, Vehicle Routing Problem, Simulated Annealing, Homogenous Fleet Size, Google OR-Tools*

1. Pendahuluan

PT. Pikiran Rakyat Bandung. Pikiran Rakyat sudah dikenal banyak orang dan yang telah berdiri sejak tahun. Dalam distribusi, PT. Pikiran Rakyat memiliki 16 jalur distribusi dengan 2 jalur menuju Cikapundung dan 14 jalur menuju daerah di Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten. Pada tugas akhir ini dilakukan pengambilan sample dan hanya 9 jalur atau rute yang akan digunakan, berikut merupakan 9 rute kendaraan yang diberlakukan di PT. Pikiran Rakyat:

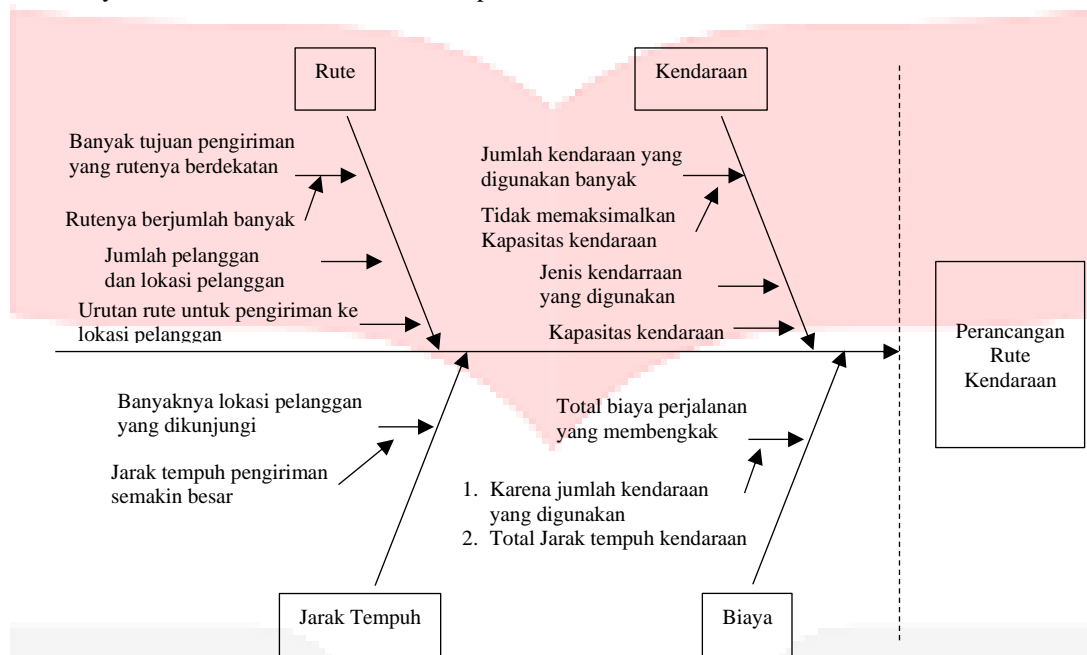
*Tabel 1 Rute Kendaraan yang Diberlakukan Oleh PT. Pikiran Rakyat
Sumber (Divisi Sirkulasi II PT. Pikiran Rakyat 2019)*

Rute Kendaraan	Tujuan pengiriman	Jumlah Lokasi Dilayani	Jumlah Surat Kabar (eksemplar)	Jarak Tempuh (Km)	Biaya Perjalanan (Rp)
1	Bandung Kota bagian utara	24	348	17	Rp 13.317
2	Bandung Kota bagian timur	10	951	28	Rp 21.934
3	Bandung, Cililin, Ciwidey	12	1.827	61	Rp 47.784
4	Bandung, Banjaran, Pangalengan	17	841	70	Rp 54.834
5	Bandung, Majalaya	7	371	47	Rp 36.817
6	Bandung, Tasikmalaya, Ciamis	16	1.010	228	Rp 178.600
7	Bandung, Garut, Cikunir, Singaparna	21	1.304	186	Rp 145.700
8	Bandung, Ciamis, Jawa tengah (selatan)	11	747	299	Rp 234.217
9	Bandung, Sumedang, Majakerta, Cikijing, Darma	21	1.623	238	Rp 186.434
				Total Jarak Tempuh (Km)	Total Biaya Perjalanan (Rp)
				1.174	Rp 919.637

Golden, Assad dan Wasil (2001) mengatakan bahwa salah satu parameter permasalahan di distribusi surat kabar adalah permasalahan armada dan kapasitas kendaraan. Armada kendaraan yang dibutuhkan untuk distribusi dapat berbeda dan kapasitas kendaraan juga dapat berbeda, hal ini akan berdampak pada biaya perjalanan. Dari Tabel I.1 dapat diketahui bahwa dari 9 rute kendaraan yang diberlakukan, jumlah eksemplar surat kabar yang diangkut oleh kendaraan berbeda-beda. Sedangkan kendaraan yang digunakan untuk distribusi oleh PT. Pikiran Rakyat Bandung memiliki kapasitas kendaraan yang homogen.

Perusahaan PT. Pikiran Rakyat Bandung memiliki banyak rute kendaraan. Perusahaan ingin melakukan pengurangan rute, bisa dilakukan dengan menggabungkan beberapa rute yang memiliki tujuan lokasi yang berdekatan dan juga memaksimalkan kapasitas kendaraan. Adanya tolak ukur berupa ukuran performansi sistem yang disampaikan oleh Bapak Erick Rizki Koncara SE selaku senior manager PT. Pikiran Rakyat bagian keuangan. Jika melakukan perbaikan rute kendaraan dan tidak adanya perubahan jumlah dari rute kendaraan tersebut maka diharapkan total biaya perjalanan dapat menurun 10%. Jika melakukan perbaikan rute kendaraan dan terdapat perubahan jumlah rute kendaraan maka diharapkan total biaya perjalanan dapat menurun minimal 20%.

Berdasarkan dari Tabel I.1 dapat diketahui bahwa total jarak tempuh dari sembilan rute kendaraan perusahaan sebanyak 1.174 km dan total biaya perjalanan sebesar Rp 919.637. Ukuran performansi sistem harus 20% dibawah total biaya perjalanan, yang artinya jika melakukan perbaikan rute kendaraan dan jumlahnya rutenya berkurang maka total biaya kendaraan harus dibawah dari Rp 735.709.



Gambar 1 Fish Bone Diagram Perancangan Rute Kendaraan

Dari Gambar I.1 Fish Bone diagram dapat diketahui bahwa masalah perancangan rute kendaraan disebabkan pemilihan rute, kendaraan, jarak tempuh dan biaya. Banyaknya lokasi tujuan pengiriman yang berdekatan sehingga rutenya semakin banyak dan panjang, hal ini berkaitan dengan jumlah dan lokasi pelanggan. Dengan banyaknya lokasi pelanggan yang dikunjungi, menyebabkan jarak tempuh pengiriman semakin besar. Pembuatan rute Tidak memaksimalkan kapasitas kendaraan yang menyebabkan jumlah kendaraan juga semakin banyak. Jenis dan kapasitas kendaraan berpengaruh terhadap perancangan rute. Total biaya kendaraan semakin tinggi dengan banyaknya jumlah kendaraan yang digunakan dan total jarak tempuh kendaraan.

maka penulis melakukan perancangan rute kendaraan yang dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan untuk distribusi surat kabar Pikiran Rakyat, model yang menggunakan adalah model Vehicle Routing Problem (VRP). Model VRP merupakan penentuan serangkaian rute dimana setiap rutenya tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen. Dalam kasus ini, pemilihan model VRP dilakukan untuk mendapatkan serangkaian rute kendaraan yang baru dengan memaksimalkan kapasitas kendaraannya yang berangkat dari depot dan berakhir di depot PT. Pikiran Rakyat Bandung.

Dalam menyelesaikan kasus VRP ini, penulis akan menggunakan algoritma Simulated Annealing (SA) untuk mendapatkan hasil berupa rute terbaik dengan melakukan probabilitas mendekati hasil yang maksimal karena mempertimbangkan langkah perhitungan yang mungkin tidak menguntungkan pada awalnya akan tetapi akan menguntungkan di hasil akhir. Kemudian untuk proses implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman python.

2. Dasar Teori

2.1 Supply Chain Management

Supply chain management (SCM) atau juga manajemen rantai pasok, pertama kali dikemukakan oleh Oliver dan Webber pada tahun 1982. SCM merupakan bagian yang sangat penting dalam sebuah perusahaan, karena SCM yang baik dapat berarti daya saing perusahaan yang menjadi tinggi dan juga berkualitas.

Supply Chain Management (SCM) dapat didefinisikan sebagai koordinasi antara produksi, persediaan, lokasi dan transportasi di antara para anggota dalam satu rantai pasok untuk mencapai tanggapan dan efisiensi terbaik dari pasar yang dilayani (Hugos, 2003). Menurut Chopra dan Meindl (2016), secara garis besar proses Supply Chain dibagi menjadi 3 klasifikasi, yaitu:

1. Customer Relationship management (CRM): segala proses antara perusahaan dan customer-nya, contohnya proses distribusi kepada customer.
2. Internal Supply Chain Management (ISCM): segala proses internal dengan perusahaannya, seperti proses produksi, dsb.
3. Supplier Relationship Management (SRM): segala proses antara perusahaan dengan suppliernya.

Dari ketiga klasifikasi tersebut, dapat dikatakan klasifikasi pertama yaitu Customer Relationship Management (CRM) akan menjadi fokus dalam tugas akhir penulis karena secara langsung berhubungan dengan transportasi distribusi hasil produksi ke customer

2.2 Vehicle Routing Problem

Vehicle routing problem (VRP) merupakan penentuan serangkaian rute dimana setiap rutenya tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar batasan-batasan yang ditetapkan serta dapat meminimalkan biaya transportasi (Toth & Vigo, 2000).

Dalam permodel matematika yang digunakan pada tugas akhir ini, terdapat asumsi dalam permodelan sebagai berikut:

1. Setiap kendaraan memulai perjalanan dan mengakhiri perjalanan di depot.
2. Kendaraan hanya melakukan pengedaran barang seama perjalanan.
3. Permintaan pelanggan diketahui.
4. Lokasi setiap pelanggan diketahui.
5. Kapasitas kendaraan diketahui.
6. Setiap permintaan pelanggan harus dikunjungi dan hanya dikunjungi oleh satu kendaraan.
7. Kendaraan dapat mengunjungi pelanggan dengan ketentuan permintaan pelanggan lebih kecil atau sama dengan besar kapasitas kendaraan.
8. Jenis kendaraan dan kapasitas kendaraan bersifat homogen.
9. Jarak rute kendaraan saat berangkat pergi dan saat kembali diasumsikan sama.
10. Tidak adanya hambatan dalam perjalanan.

Setelah dilakukan asumsi selanjutnya terdapat model matematika yang akan digunakan sebagai penyelesaian masalah sebagai berikut (Rabbouch, Saâdaoui & Mraïhi, 2019):

Fungsi Tujuan:

$$f(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^L D_{ij} X_{ijl}, \quad (1)$$

Kendala:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^L X_{ijl} = 1, \forall j = 2, \dots, n, \forall i \neq j, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^L X_{ijl} = 1, \forall i = 2, \dots, n, \forall i \neq j, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijl} = \sum_{i=1}^n X_{jil}, \forall l = 1, \dots, L, \forall j = 1, \dots, n, \forall i \neq j, \quad (4)$$

$$\sum_{j=2}^n Y_{1j} \geq \sum_{j=2}^n d_j, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ij} - \sum_{i=1}^n Y_{ji} = d_j, \forall j = 2, \dots, n, \quad (6)$$

$$Y_{ij} \leq \sum_{l=1}^L cX_{ijl}, \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 2, \dots, n, \quad (7)$$

Variabel Keputusan:

$$X_{ijl} \in \{0,1\}, \forall i, j = 1, \dots, n, \forall l = 1, \dots, L, \quad (8)$$

$$Y_{ij} \geq 0, \forall i, j = 1, \dots, n. \quad (9)$$

Fungsi tujuan (1) bertujuan untuk meminimalkan jarak total, yaitu jumlah dari semua titik berurutan yang dilayani oleh kendaraan L mulai dan berakhir di depot pusat. Kendala (2) dan (3) memastikan bahwa setiap pelanggan dikunjungi dan diservis hanya sekali oleh kendaraan tertentu. Kendala (4) menyatakan bahwa melayani busur (i; j) berarti melayani busur (j; i) (VRP simetris). Kendala (5) menunjukkan bahwa total muatan kendaraan, saat keluar dari depo, lebih tinggi atau sama dengan total permintaan pelanggan. Kendala (6) menunjukkan bahwa kuantitas yang tersisa setelah mengunjungi pelanggan j persis beban sebelum mengunjungi pelanggan yang sama dikurangi permintaannya. Kendala (7) menunjukkan bahwa beban yang dibutuhkan untuk diangkat ke pelanggan j lebih rendah atau sama dengan kapasitas kendaraan tertentu yang berasal dari depot. Batasan ini menjamin bahwa kapasitas kendaraan tidak boleh dilanggar. Kendala (8) mengacu pada biner variabel keputusan penugasan. Kendala (9) mengacu pada nonnegativitas variabel keputusan beban.

2.3 Homogenous Fleet Size

Homogenous fleet size merupakan armada transportasi yang memiliki jumlah kapasitas kendaraannya sama dan digunakan dalam mengerjakan tugas dari perusahaan seperti pengiriman barang atau pengambilan barang. Armada kendaraan yang digunakan bisa saja merupakan kendaraan yang disediakan dari perusahaan atau kendaraan pribadi seperti kendaraan pekerja selama dalam mengerjakan tugas tersebut dalam bentuk armada kendaraan.

2.4 Simulated Annealing

Simulated Annealing pada VRP merupakan algoritma penentuan rute yang membuat proses pencarian dapat keluar dari hasil optimal lokal dengan menggunakan kondisi probabilitas yang menerima atau menolak langkah yang lebih buruk (Taha, 2016). Pada umumnya pencarian selalu mencari hasil yang lebih baik akan tetapi metode SA mempertimbangkan dalam langkah pencarian jika kandidat selanjutnya dalam pencarian akan membuat hasil sedikit lebih buruk maka dilakukan probabilitas dengan ketentuan sebagai berikut:

Z_c = nilai fungsi tujuan untuk solusi uji coba saat ini,

Z_n = nilai fungsi tujuan untuk kandidat saat ini untuk solusi uji coba berikutnya,

T = parameter yang mengukur kecenderungan untuk menerima kandidat saat ini (Z_n) untuk menjadi solusi uji coba berikutnya jika kandidat tersebut bukan merupakan perbaikan dari solusi uji coba saat ini (Z_c).

Aturan untuk memilih tetangga dekat mana yang akan menjadi solusi uji coba berikutnya adalah sebagai berikut: Adanya aturan pemilihan pindah, di antara semua tetangga langsung dari solusi uji coba saat ini (Z_c), pilih satu secara acak untuk menjadi kandidat saat ini (Z_n) untuk menjadi solusi uji coba berikutnya. Dengan asumsi tujuannya adalah maksimalisasi fungsi tujuan, menerima atau menolak kandidat ini (Z_n) untuk dijadikan solusi uji coba (Z_c) berikutnya sebagai berikut:

If $Z_n \geq Z_c$ = Selalu terima kandidat

If $Z_n < Z_c$ = terima kandidat dengan probabilitas berikut:

$$\text{Prob}(\text{penerimaan}) = e^x \text{ dimana } x = \frac{Z_n - Z_c}{T}$$

(Jika tujuannya adalah minimalisasi, balikkan Z_n dan Z_c dalam rumus di atas. Jika kandidat ini (Z_n) ditolak, ulangi proses ini dengan tetangga langsung baru yang dipilih secara acak dari solusi uji coba saat ini (Z_c). Jika tidak ada tetangga langsung yang tersisa, hentikan algoritma.)

Jadi, jika kandidat yang sedang dipertimbangkan hasilnya (Z_n) lebih baik dari pada solusi uji coba saat ini (Z_c), maka selalu diterima untuk menjadi solusi uji coba berikutnya. Jika hasil lebih buruk, maka kemungkinan penerimaan bergantung pada seberapa buruk hasilnya (diukur pada ukuran T)

Tabel II.1 menunjukkan sampel nilai probabilitas, dimulai dari probabilitas yang sangat tinggi kandidat saat ini (Z_n) hanya sedikit lebih buruk (relatif terhadap T) dari pada solusi uji coba saat ini (Z_c) dengan probabilitas yang sangat kecil ketika memang lebih buruk. Dengan kata lain, aturan pemilihan pergerakan biasanya hanya akan menerima langkah yang sedikit lebih turun dan jarang menerima langkah yang turunnya banyak.

Tabel 2 Sample Probabilitas Aturan Pemilihan Pindah Akan Menerima Langkah Menurun Ketika Tujuannya Memaksimalkan

$x = \frac{Z_n - Z_c}{T}$	Prob(penerimaan) $= e^x$
-0.01	0.990
-0.1	0.905
-0.25	0.779
-0.5	0.697
-1	0.368
-2	0.135
-3	0.050
-4	0.018
-5	0.0007

Metode yang biasanya diterapkan dalam aturan pemilihan pindah untuk menentukan apakah langkah menurun tertentu akan diterima adalah dengan membandingkan angka acak antara 0 dan 1 dengan probabilitas penerimaan. Nomor acak dapat dianggap sebagai pengamatan acak dari distribusi seragam antara 0 dan 1.

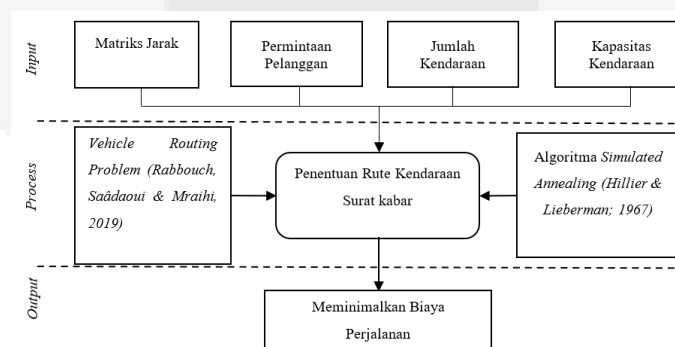
Dari semua yang telah diuraikan maka terdapat garis besar dari dasar algoritma *simulated annealing* sebagai berikut:

1. Inisialisasi = Mulailah dengan solusi uji coba awal yang layak.
2. Iterasi = Gunakan aturan pemilihan pindah untuk memilih solusi percobaan berikutnya. (Jika tidak ada tetangga langsung dari solusi uji coba saat ini yang diterima, algoritma dihentikan.)
3. Periksa *temperature schedule* = Ketika jumlah iterasi yang diinginkan telah dilakukan pada nilai T saat ini, turunkan T ke nilai berikutnya dalam jadwal suhu dan lanjutkan melakukan iterasi pada nilai berikutnya ini.

Aturan Berhenti. Ketika jumlah iterasi yang diinginkan telah dilakukan pada nilai T terkecil dalam jadwal suhu (atau ketika tidak ada tetangga terdekat dari solusi uji coba saat ini yang diterima), hentikan. Terima solusi uji coba terbaik yang ditemukan pada setiap iterasi (termasuk untuk nilai T yang lebih besar) sebagai solusi akhir

3. Kerangka Penyelesaian Masalah

Kerangka penyelesaian masalah digunakan untuk mempermudah dalam mengkaji suatu masalah yang dibuat dalam bentuk model logika. Model tersebut menunjukkan relasi hubungan antar variabel yang ada. Berikut merupakan kerangka penyelesaian masalah yang dibuat:



Gambar 2 Kerangka Penyelesaian Masalah

Dalam Kerangka penyelesaian masalah yang ditampilkan pada gambar III.1, untuk membuat rute kendaraan surat kabar maka diperlukannya pengumpulan data yang akan digunakan. Data yang akan digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu matriks jarak, permintaan pelanggan, jumlah kendaraan, dan kapasitas kendaraan. Setelah mengetahui data yang akan digunakan, langkah berikutnya menentukan rute kendaraan surat kabar menggunakan model Vehicle routing problem dan simulated annealing. Tujuan dari penentuan rute kendaraan surat kabar ini untuk meminimalkan biaya perjalanan kendaraan.

4. Pembahasan

4.1 Pengolahan Data Matriks Jarak

Pada subbab ini terdapat dua tahap dalam pengolahan matriks jarak, tahap pertama adalah dengan memasukkan data koordinat dan tahap kedua adalah melakukan perhitungan antar lokasi dan membuat matriks jarak

Tahap pertama adalah memasukkan data koordinat longitude (x) dan latitude (y) dari setiap alamat depot dan alamat pelanggan. Contoh tabel data koordinat yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3 Contoh Tabel Data koordinat

Location ID	Name	Alamat	Latitude (Y)	Longitude (X)
0	Depot	Jl. Soekarno Hatta No.147, Babakan Ciparay, Kec. Babakan Ciparay, Kota Bandung, Jawa Barat 40223	-6,937396	107,580495
1	Pelanggan 1	Aerofood acs jl. Aruna no. 34 bandung	-6,907289	107,587936
2	Pelanggan 2	D/a jl. Cipaku indah no 11/2 bandung	-6,863432	107,597609
...	Pelanggan	-
139	Pelanggan 139	Terminal cikijing no.20 majalengka	-7,018819	108,368850

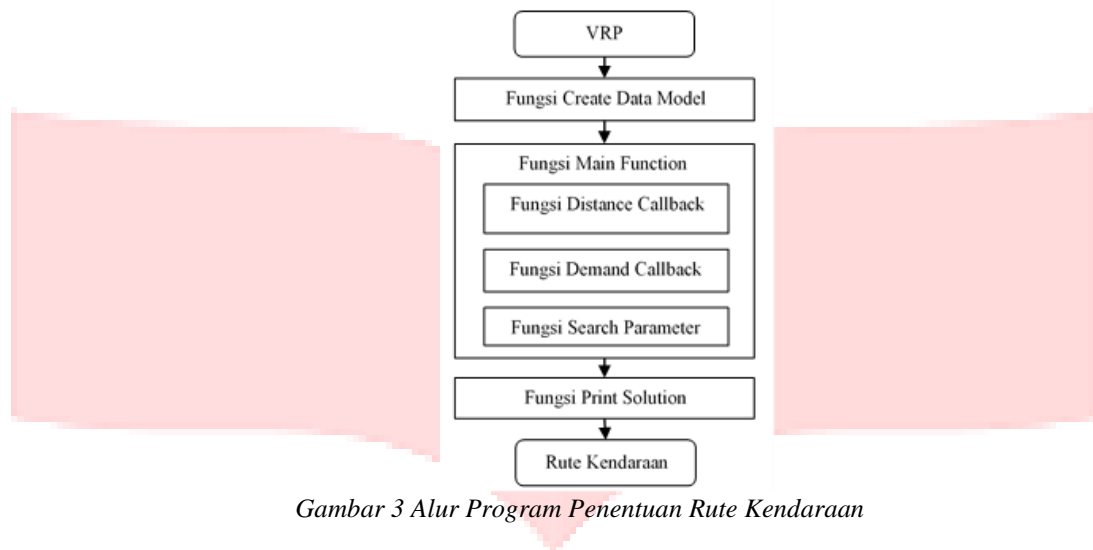
Tahap kedua adalah menghitung jarak antar lokasi yang selanjutnya dibuatkan untuk menjadi dalam bentuk metriks jarak menggunakan data koordinat yang telah didapatkan. Pembuatan matriks jarak menggunakan rumus excel yang digunakan untuk menghitung jarak antara 2 titik *latitude* (y) dan *longitude* (x) (koordinat GPS), berikut merupakan rumus yang digunakan dalam satuan kilometer:

$$= ACOS(COS(RADIANS(90 - Lat1)) * COS(RADIANS(90 - Lat2)) + SIN(RADIANS(90 - Lat1)) * SIN(RADIANS(90 - Lat2)) * COS(RADIANS(Long1 - Long2))) * 6371$$

Dalam rumus terdapat radius rata-rata bumi sebesar 6.371 kilometer

4.2. Impelemntasi ke Dalam Program Perancangan Rute Kendaraan

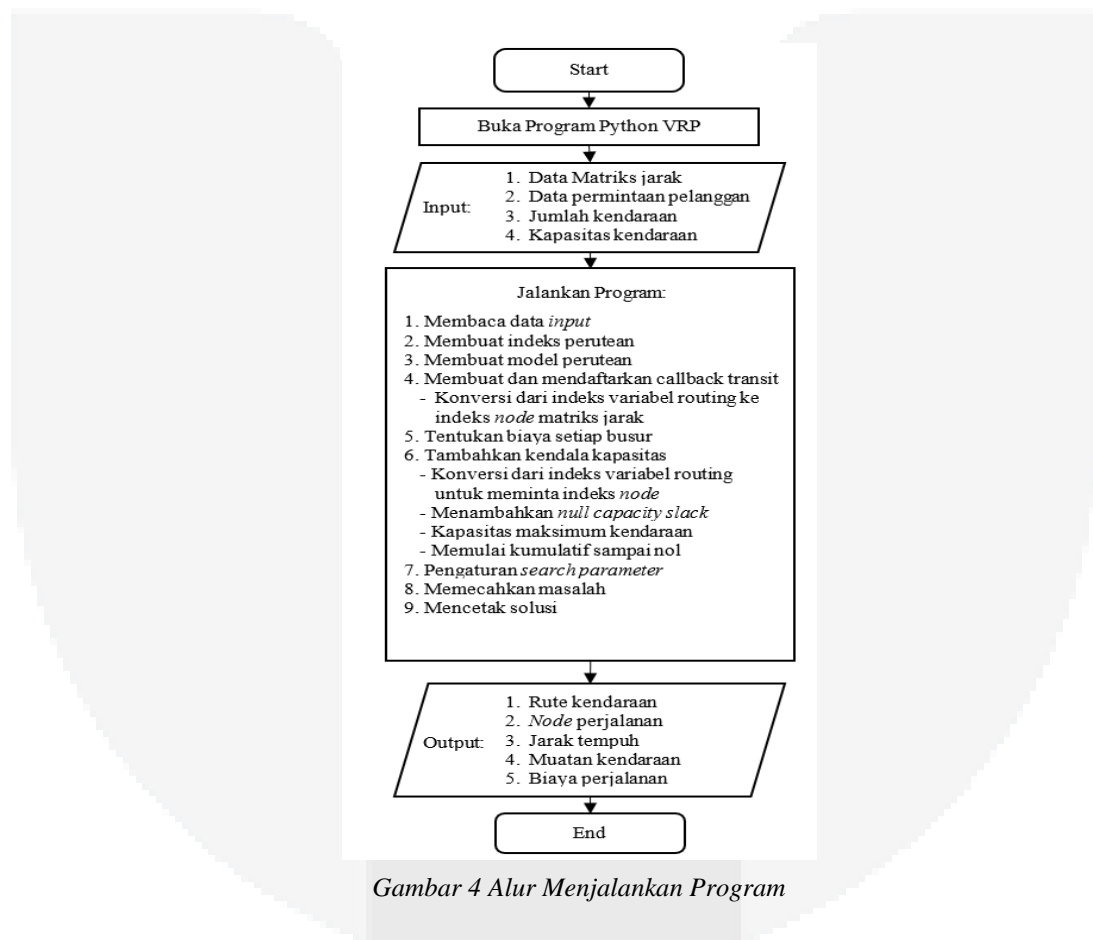
Dalam mencari rute kendaraan menggunakan program spyder dan menggunakan bahasa python untuk menyelesaikan permasalahan VRP. Kode yang digunakan dalam penentuan rute kendaraan merupakan kode berasal dari Google OR-Tools yang merupakan kode yang dapat akses dan digunakan secara publik. Dalam tugas akhir ini akan digunakannya data tugas akhir yang telah dikumpulkan. Berikut merupakan alur penentuan rute kendaraan dari kode VRP dengan solusi pencarian algoritma SA:



Gambar 3 Alur Program Penentuan Rute Kendaraan

4.3 Perancangan Sistem

Setelah didapatkan semua data yang diperlukan, selanjutnya menjalankan program untuk mendapatkan rute kendaraan distribusi, jarak tempuh kendaraan, total, jumlah muatan kendaraan dan biaya perjalanan. Berikut merupakan gambar alur menjalankan program:



Gambar 4 Alur Menjalankan Program

Program dijalankan menggunakan input dari data matriks jarak, data permintaan pelanggan, jumlah kendaraan dan kapasitas kendaraan menggunakan program python VRP yang telah dibuat. Selanjutnya program dijalankan, program akan melakukan 9 kegiatan sampai mendapatkan solusi cetak di konsol. 9 kegiatan tersebut, yaitu:

1. Membaca data input; membaca data input sebagai data yang digunakan.

2. Membuat indeks perutean; membuat data input matriks jarak, jumlah kendaraan dan depot menjadi indeks perutean.
3. Membuat model perutean; membuat model perutean dari indeks perutean.
4. Membuat dan mendaftarkan callback transit; Membuat dan Mengubah dari indeks variabel perutean ke indeks node matriks jarak.
5. Tentukan biaya setiap busur; menghitung biaya setiap perjalanan yang dilalui dari indeks callback transit yang dibuat.
6. Tambahkan batasan kapasitas
 - a. Mengubah dari indeks variabel perutean menjadi indeks permintaan node
 - b. Terdapatnya null capacity slack untuk membuat tidak adanya kekenduran dalam perhitungan pada kapasitas maksimum kendaraan dan
 - c. Terdapatnya start cumulative to zero untuk memulai perhitungan kumulatif dari kapasitas maksimum kendaraan ke nol.
7. Menetapkan search parameter; menentukan search parameter pertama dan pencarian lokal metaheuristik.
8. Memecahkan masalah; memberikan penugasan kepada program untuk memecahkan masalah menggunakan pencarian solusi yang dipilih.
9. Mencetak solusi; menampilkan hasil dari menjalankan program pada jendela konsol.

Setelah dijalankan programnya maka akan didapatkan hasil rute kendaraan, node perjalanan, jarak tempuh kendaraan, muatan kendaraan dan biaya perjalanan pada jendela konsol.

4.4 Tabel Hasil Menjalankan Program

Tabel 4 Hasil Menjalankan Program

Rute kendaraan	Node Perjalanan	Jarak ditempuh (Km)	Muatan Kendaraan (koran)	Biaya Perjalanan
1	0; 59; 53; 65; 107; 80; 86; 116; 75; 84; 77; 82; 79; 76; 78; 83; 106; 71; 110; 81; 85; 72; 73; 74; 62; 63; 61; 56; 52; 48; 55; 51; 47; 49; 54; 45; 38; 37; 36; 44; 0	278	1.983	Rp 217.767
2	0; 21; 13; 12; 4; 6; 8; 9; 18; 14; 66; 17; 11; 15; 16; 20; 10; 27; 28; 30; 34; 33; 64; 69; 68; 50; 60; 57; 58; 0	24	1.195	Rp 18.800
3	0; 23; 29; 31; 25; 26; 91; 98; 99; 121; 128; 138; 136; 132; 93; 92; 89; 105; 102; 104; 103; 97; 94; 101; 95; 96; 90; 100; 87; 67; 0	132	1.964	Rp 103.400
4	0; 22; 32; 129; 135; 122; 130; 133; 123; 124; 127; 126; 125; 119; 131; 134; 137; 120; 139; 118; 115; 111; 113; 114; 109; 117; 108; 70; 0	356	1.991	Rp 278.866
5	0; 1; 5; 7; 19; 3; 24; 2; 46; 88; 40; 39; 41; 42; 43; 35; 0	30	1.889	Rp 23.500
		Total Jarak Tempuh (km)	Total Muatan kendaraan (koran)	Total Biaya perjalanan
		820	9.022	Rp 642.333

Dari tabel 4 hasil python VRP menunjukkan bahwa dari sembilan rute kendaraan yang disedia ternyata hanya lima rute kendaraan yang digunakan, hal ini disebabkan kendaraan memastikan untuk memaksimalkan kapasitas

kendaraannya terlebih dahulu. Dari hasil juga didapat total jarak tempuh yang dari semua rute sebesar 820 km, total muatan kendaraan sebesar 9.022 dan total biaya perjalanan semua rute sebesar Rp 642.333

4.5 Perbandingan Hasil Total Biaya Perjalanan dan Ukuran Performansi sistem

Pada subbab ini dilakukan perbandingan hasil total biaya perjalanan dari sembilan rute kendaraan yang diberlakukan di PT. Pikiran Rakyat Bandung dengan hasil rute dari implementasi yang dilakukan. Berikut merupakan tabel perbandingannya:

Tabel 5 Perbandingan Hasil Total Biaya Perjalanan

Perbandingan rute	Jumlah Rute Kendaraan	Total Jarak tempuh	Total Biaya Perjalanan
PT. Pikiran Rakyat Bandung	9	1.174 Km	Rp 919.637
Usulan	5	820 Km	Rp 642.333
		Perbedaan Total Jarak tempuh	Perbedaan Total Biaya Perjalanan
		354 Km	Rp 277.304

Pada tabel 5 perbandingan hasil total biaya perjalanan, didapatkan bahwa terdapat pengurangan jumlah rute kendaraan sebanyak empat rute kendaraan, pengurangan total jarak tempuh sebesar 354 km dan pengurangan biaya perjalanan sebesar Rp 277.304. Perbandingan ini dilakukan secara apple to apple karena dalam perbandingan keduanya untuk mendapatkan total jarak tempuh dan biaya perjalanan menggunakan matriks jarak dan dijalankan menggunakan python.

Ukuran performansi sistem yang diterapkan adalah 20% dibawah total biaya perjalanan dari sembilan rute kendaraan PT. Pikiran Rakyat Bandung. 20% di bawah dari total biaya perjalanan tersebut adalah sebesar Rp 735.709, biaya ini merupakan ukuran performansi sistem dalam tugas akhir ini. Hasil total biaya perjalanan pada tugas akhir ini sebesar Rp 642.333, biaya yang didapatkan tersebut 12.7% dibawah dari dari total biaya perjalanan dari ukuran performansi yang diterapkan. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari usulan rute yang didapatkan layak.

4.6 Pencarian Solusi Yang Dijalankan Program

Pada subbab ini akan dibahas tentang jumlah pencarian solusi yang dijalankan untuk mendapatkan rute kendaraan yang optimal. Dalam menjalankan python terdapat kode `search_parameters.solution_limit = ...` dan kode `search_parameters.log_search = True`. Kode ini digunakan untuk membatasi hasil solusi dari rute yang didapatkan dan memunculkan daftar dari pencarian pada jendela konsol di python. Berikut merupakan data dari pencarian solusi yang dijalankan:

Tabel 6 Pencarian Solusi Yang Dijalankan Program

<i>Solution limit</i> Yang Diberlakukan	Total Jarak Tempuh Yang Dhasilkan (km)	Total Biaya perjalanan Yang Dhasilkan
1	986	Rp 772.366
2	985	Rp 771.583
5	982	Rp 769.233
10	977	Rp 765.316
25	941	Rp 737.116
50	844	Rp 661.133
75	831	Rp 650.950

<i>Solution limit</i> Yang Diberlakukan	Total Jarak Tempuh Yang Dihilangkan (km)	Total Biaya perjalanan Yang Dihilangkan
100	831	Rp 650.950
150	831	Rp 650.950
170	828	Rp 648.600
173	825	Rp 646.250
174	820	Rp 642.333
175	820	Rp 642.333
276	820	Rp 642.333
666	820	Rp 642.333
1.077	820	Rp 642.333
1.884	820	Rp 642.333
3.248	820	Rp 642.333

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa *solution limit* yang diberlakukan dapat menghasilkan total jarak tempuh dan total biaya perjalanan yang berbeda-beda. Jika *solution limit* yang diberlakukan adalah 1 maka total jarak tempuh yang dihasilkan sebesar 986 km dengan total biaya perjalanan yang dihasilkan sebesar Rp 772.366. Dapat terlihat bahwa terjadinya hasil optimal pada *Solution limit* ke 174 dengan total jarak tempuh yang dihasilkan sebesar 820 km dan total biaya perjalanan yang dihasilkan sebesar Rp 642.333. Hasil ini tidak mengalami perubahan meskipun *solution limit* sudah dinaikkan sampai angka 3.248. Hasil dari pemberlakuan *solution limit* dapat dilihat pada lampiran F.

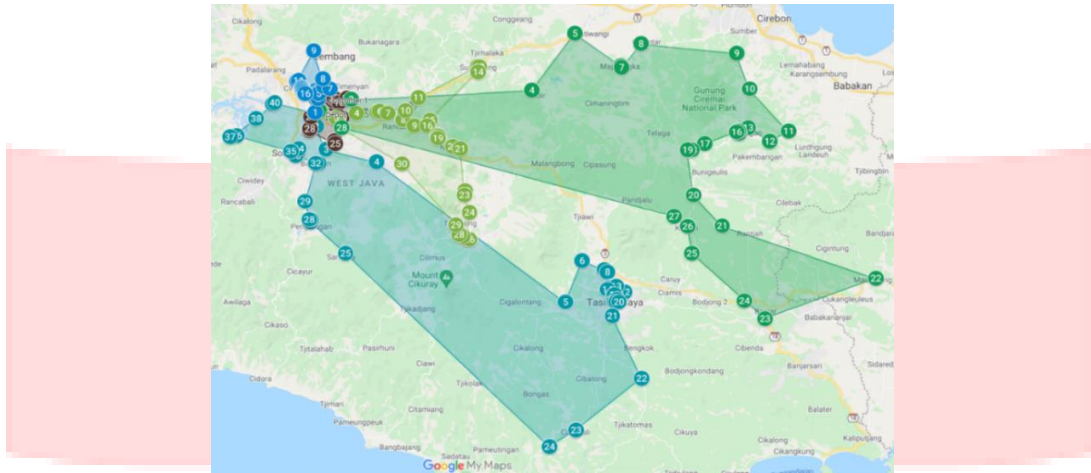
4.7 Pembuatan diagram rute kendaraan.

Pada subbab ini akan dilakukan pembuatan diagram rute kendaraan dari hasil yang telah didapatkan. Pembuatan diagram rute ini dibuat menggunakan website google maps sebagai medianya, Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan:

1. Dibuatkannya file excel berisi data alamat, urutan nomer pengiriman dari lokasi ke lokasi selanjutnya dan koordinat dari semua lokasi. Pembuatan file excel rute dibuatkan sebanyak rute yang telah didapatkan.
2. Selanjutnya akan menggunakan Google maps sebagai media pembuatan diagram rute kendaraan. File excel tersebut akan digunakan sebagai data dalam pembuatan diagram rute dengan mengimpor file ke Google Maps, Maka akan munculnya daftar rute pengiriman beserta urutan lokasi pengiriman dalam bentuk nomer.

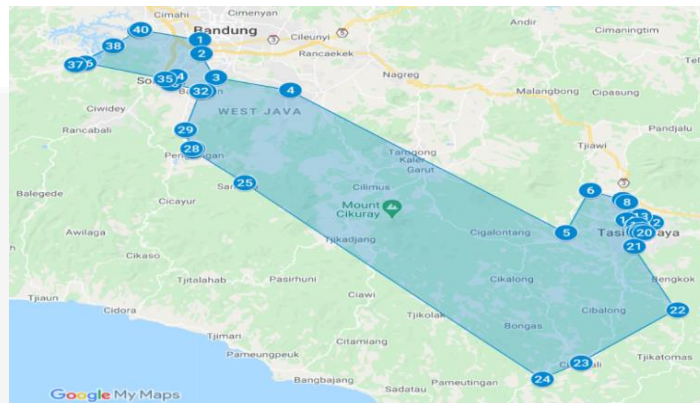
Dibuatkannya garis diagram rute kendaraan secara manual sesuai dengan urutan nomer lokasi pengiriman dari depot, ke lokasi selanjutnya sampai kembali lagi ke depot. Setelah proses ini maka diagram rute kendaraan telah selesai.

Pada subbab ini akan dilakukan analisis terhadap hasil diagram perancangan rute kendaraan distribusi surat kabar Pikiran Rakyat, sebagai berikut:



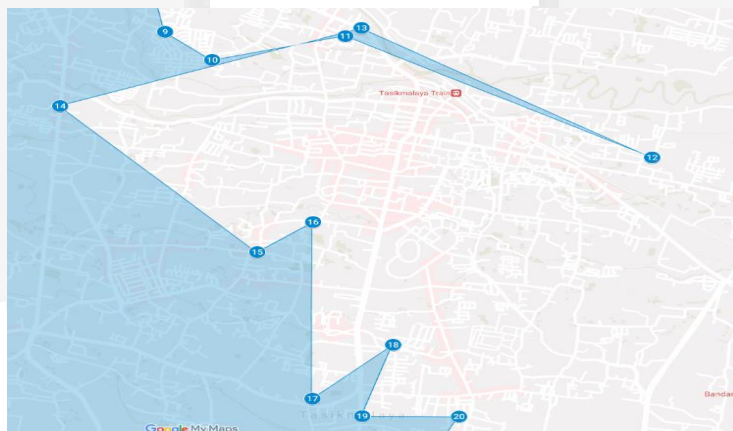
Gambar 5 Diagram Gambar 5 rute kendaraan yang dihasilkan

Pada gambar V.1 menggambarkan hasil perancangan rute kendaraan dari tugas akhir ini. Dapat dilihat terdapat lima rute dengan warna yang berbeda, warna ini menunjukkan daerah pengiriman barang pada rute tersebut. Untuk mempermudah menganalisis maka sebagai contoh ditambahkan diagram rute kendaraan pada gambar V.2, sebagai berikut:



Gambar 6 Diagram rute kendaraan nomor 1

Dapat terlihat area pengiriman untuk rute kendaraan nomor satu. Pengiriman dimulai dari lokasi nomor 1 yang merupakan depot dan nomor 2 sampai dengan nomor 40 merupakan lokasi pelanggan. Pada hasil rute dihasilkan terdapatnya persilangan pada beberapa rute. Berikut merupakan gambar persilangan yang terjadi pada rute ke-1:



Gambar 7 Persilangan pada diagram rute yang dihasilkan

Persilangan terjadi pada urutan pengiriman nomor 10 ke nomor 11 dengan urutan pengiriman nomor 13 ke nomor 14. Persilangan ini terjadi diasumsikan karena koordinat lokasi berdekatan. Persilangan ini terjadi juga pada rute ke-dua dan rute ke-tiga pada bagian koordinat yang berdekatan.

4. Kesimpulan

Bedasarkan dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa tujuan dari tugas akhir ini telah tercapai, dibuktikan dengan sebagai berikut:

1. Hasil dari perancangan rute menggunakan python VRP sudah mencapai hasil optimal dibuktikan dari hasil pencarian solusi yang dilakukan, total jarak tempuh dan total biaya perjalanan sudah tidak mengalami perubahan setelah solution limit menyentuh di solusi ke 174.
2. Terjadinya pengurangan jumlah rute kendaraan dari 9 rute kendaraan menjadi 5 rute kendaraan yang disebabkan kendaraan memastikan memaksimalkan kapasitas kendaraannya terlebih dahulu.
3. Terjadinya pengurangan total biaya perjalanan yang pada awalnya total biaya perjalanan sebesar Rp 919.637 menjadi hanya sebesar Rp 642.33, biaya tersebut mengalami penurunan sebesar Rp 277.304. Total biaya perjalanan yang didapatkan juga dibawah dari ukuran performansi yang diterapkan yaitu sebesar Rp 735.709.

Referensi:

- [1] Agyei, W., Darkwah, K. F., Obeng-Denteh, W., & Andam, E. A. (2015). *Modeling Newspaper Distribution as Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window: Case Study of Daily Graphic Newspaper, Ashanti Region, Ghana. Archives of Current Research International*, 12-22..
- [2] Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management (6th ed.)*. Pearson..
- [3] Divisi Sirkulasi II (2019, June). Laporan Distribusi Angkutan Koran 18 Juni 2019. PT. Pikiran Rakyat Bandung.
- [4] DriveSafe Online. (2020, October 2). *Fleet Sizes: Do You Know How Many Vehicles Make a Fleet?* <https://www.drivesafeonline.org/traffic-school/fleet-sizes-do-you-know-how-many-vehicles-make-a-fleet/>
- [5] G. (2020, September 25). *Supply Chain Management: Pengertian, Proses Tahapan, dan Tujuannya dalam Bisnis. Accurate Online.* <https://accurate.id/marketing-manajemen/pengertian-lengkap-supply-chain-management/>
- [6] Google-OR Tools. (n.d.). *Capacity Constraints | OR-Tools | Google Developers. Retrieved in July 16, 2021, https://developers.google.com/optimization/routing/cvrp*
- [7] Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2014). *Introduction to Operations Research (Revised ed.) [E-book]*. McGraw-Hill.
- [8] Hugos, M. H. (2011). *Essentials of Supply Chain Management [E-book]*. Wiley.
- [9] Rabbouch, B., Saâdaoui, F., & Mraïhi, R. (2020). *Empirical-type simulated annealing for solving the capacitated vehicle routing problem. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 32(3), 437-452.
- [10] Saputra, I. W., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). *Optimization of distribution channel vehicle routing problem with time windows using differential evolution algorithm a case study in newspaper industry. Asia-Pacific Management and Business Application*, 10, 1-10.
- [11] Taha, H. (2016). *Operations Research: An Introduction (10th ed.) [E-book]*. Pearson.
- [12] Toth, P., & Vigo, D. (1987). *The Vehicle Routing Problem [E-book]*. Society for Industrial and Applied Mathematics.