**MODEL PENENTUAN KEPUTUSAN LOKASI DAN PERUTEAN DENGAN *FUZZY C MEAN* UNTUK MEMINIMASI BIAYA DISTRIBUSI PRODUK DENGAN METODE *LOCATION ROUTING PROBLEM***

Dadan Rakhmat Samuwadria

Magister Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung

[rakhmatsam@gmail.com](mailto:rakhmatsam@gmail.com)

**ABSTRAK**

Transportasi berperan penting dalam manajemen rantai pasok. Dalam konteks rantai pasok, transportasi berperan penting karena sangatlah jarang suatu produk diproduksi dan dikonsumsi dalam satu lokasi yang sama. Strategi rantai pasok yang diimplementasikan dengan sukses memerlukan pengelolaan transportasi yang tepat. Selain itu, biaya transportasi merupakan komponen biaya yang terbesar dalam struktur biaya logistik. Tidak kurang dari 60% dari total biaya logistik perusahaan merupakan biaya transportasi.

PT.X mempunyai permasalahan besarnya biaya pengiriman produknya dari distributor ke agen-agen diwilayahnya. Dari permasalahan pendistribusisan dengan mempertimbangkan rute kendaraan, jenis kendaraan yang digunakan, dan pengiriman dikenal dengan VRP ( *Vehicle Routing Problem*). Salah satu permasalahan yang akan dibahas pada tesis ini adalah *Location Routing Problem* (LRP). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi dan rute pendistribusian baru sehingga dapat meminimalkan total waktu pelayanan, total jarak pengirman dan total biaya transportasi/distribusi. Metode yang digunakan untuk memecahkan masalah ini adalah *Insertion Heuristic* untuk perhitungan efisiensinya.

Sebelumnya dilakukan penetuan Lokasi dan rute yang ideal untuk mencari lokasi dan rute paling efisien. Pada tahap ini digunakan pendekatan *Fuzzy C Mean* untuk menentukan penggelompokan/Clustering tiap Agen/Node. Setelah cluster terbentuk maka dilakukan proses perhitungan rute tiap cluster. Dalam penelitian ini terbentuk 5 cluster untuk 20 kelompok node, dan dihasilkan lokasi serta rute yang paling optimum pada iterasi ke 40.

Hasil perhitungan pada penelitian ini menghasilkan solusi yang efisien untuk semua variable yang dicari dalam penelitian ini yaitu, total jarak tempuh, total waktu tempuh, total waktu layanan, dan total biaya distribusi. Rata-rata efisiensi tiap variable yang dihasilkan yaitu sebesar 67,4%, dengan penghematan total biaya Distribusi sebesar Rp.106.089.832,- per bulan.

**Kata Kunci**: *Lokasi, Rute, Distribusi, Location Routing Problem, Algoritma Fuzzy c mean, insertion heuristic, cluster, node, efisiensi*

**LOCATION AND ROUTING DECISION MODEL WITH FUZZY C MEAN TO MINIMIZE PRODUCT DISTRIBUTION COSTS USING LOCATION ROUTING PROBLEM METHOD**

Dadan Rakhmat Samuwadria

Magister Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung

[rakhmatsam@gmail.com](mailto:rakhmatsam@gmail.com)

**ABSTRAC**

Transportation plays an important role in supply chain management. In the supply chain context, transportation plays an important role because it is very rare for a product to be produced and consumed in the same location. A successfully implemented supply chain strategy requires proper transportation management. In addition, transportation costs are the largest cost component in the logistics cost structure. Not less than 60% of the company's total logistics costs are transportation costs.

PT.X has a problem with the large cost of shipping its products from distributors to agents in its area. the distribution problems taking into account the vehicle route, the type of vehicle used, and delivery is known as VRP (Vehicle Routing Problem). One of the problems that will be discussed in this thesis is the Location Routing Problem (LRP). This study aims to determine the location and new distribution routes so as to minimize the total service time, total delivery distance and total transportation/distribution costs. The method used to solve this problem is the Insertion Heuristic for efficiency calculations.

Previously, the ideal location and route were determined to find the most efficient location and route. At this stage the Fuzzy C Mean approach is used to determine the clustering of each Agent/Node. After the clusters are formed, the route calculation process for each cluster is carried out. In this study, 5 clusters were formed for 20 groups of nodes, and the most optimum locations and routes were produced in the 40th iteration.

The results of the calculations in this study produce efficient solutions for all the variables sought in this study, namely, the total distance traveled, the total travel time, the total service time, and the total distribution costs. The average efficiency of each variable is 67.4%, with total distribution cost savings of IDR 106,089,832 per month.

Keywords: *Locatioan, Route, Distribution, Location Routing Problem, Fuzzy C Mean algorithm, Cluster, node, efficiency.*

1. **Pendahuluan**

Saat ini sudah bukan rahasia lagi jika biaya produksi dan logistik dari tahun ke tahun terus meningkat. Mahalnya proses ini jelas berdampak pada meningkatnya harga jual produk. Sayangnya, konsumen ingin harga dapat tetap stabil. Untuk menyelesaikan keadaan ini, perusahaan sebenarnya bisa menekan biaya produksi karena tidak jarang terjadi pemborosan di berbagai bidang, misalnya pemborosan bahan baku, pemborosan penggunaan mesin dan peralatan, pemborosan modal dan waktu kerja perusahaan, dan masih banyak hal lainnya.

Langkah inilah yang dikenal sebagai *Optimize Supply Chain* atau mengoptimalkan rantai distribusi. Rantai ini sebenarnya merupakan sebuah sistem koordinasi yang terdiri dari berbagai hal, mulai dari sumber daya manusia, aktivitas, informasi, dan sumber-sumber daya lainnya yang berhubungan dalam proses produk atau jasa. Tujuan utama dari pengoptimalan rantai distribusi ini adalah untuk memenuhi permintaan konsumen melalui efisiensi sumber daya yang ada sehingga biaya produksi dapat dikurangi.

**1. Meminimalisir Penggunaan Bahan Baku**

Dalam sebuah produksi barang atau jasa, bahan baku sebenarnya memegang peranan penting dan menjadi salah satu pengguna anggaran terbanyak. Sebenarnya dengan meminimalisir penggunaan bahan baku, maka biaya produksi pun dapat ditekan.

Meminimalisir bahan baku bukan berarti memakai bahan baku berharga murah sebab hal ini justru mengurangi kualitas produk. Belilah bahan baku berkualitas baik dengan mencari distributor yang harga barangnya sedikit lebih murah namun tetap berkualitas.

**2. Menekan Ongkos Tenaga Kerja**

Secara umum, ada dua penyebab tingginya biaya tenaga kerja, yakni penempatan mesin dan peralatan produksi yang tidak tepat serta suasana kerja yang tidak kondusif sehingga para pekerja tidak merasa nyaman dalam bekerja.

Untuk menekan ongkos tenaga kerja bukan berarti perusahaan mengurangi jumlah tenaga yang ada. Ada baiknya jika melakukan pembenahan terhadap penempatan mesin dan peralatan agar dapat bekerja secara efektif.

Selain itu, benahi tata ruang kerja agar tenaga kerja lebih nyaman dan produktif. Pasalnya, semua hal ini akan berdampak pada biaya karena terjadi pemborosan waktu dalam bekerja.

**3. Menghemat Biaya Transportasi**

Terakhir, biaya transportasi seperti pengiriman bahan ke pabrik atau pendistribusian barang ke konsumen. Proses transportasi ini tak disangka juga menghabiskan banyak anggaran perusahaan. Olehnya itu, ada baiknya untuk mengevaluasi sistem transportasi yang digunakan.

Beberapa indikatornya antara lain seberapa efektif proses pengiriman dengan menggunakan moda transportasi yang digunakan saat ini dan apakah perusahaan telah mendapatkan harga terbaik dari vendor transportasi yang ada.

Dari uraian diatas jelaslah bahwa, pendistribusian produk yang efisien merupakan salah satu kegiatan produksi yang dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Permasalahan yang dihadapi perusahaan untuk mengefisienkan biaya pendistribusian diantaranya ialah menentukan lokasi gudang pusat, menentukan lokasi gudang penyimpanan di setiap daerah sehingga dapat mengoptimalkan jarak tempuh ke pelanggan, menentukan rute pendistribusian, dan lain sebagainya. Lokasi gudang pusat dan gudang wilayah akan sangat mempengaruhi jarak atau rute yang akan dilalui untuk mendistribusikan produk ke pelanggan, selaim itu kapasitas gudang juga perlu ditentukan. Permasalahan jaringan logistik yang dihadapi ini bertujuanmenentukan lokasi gudang yang akan digunakan dan rute yang akan ditempuh agar diperoleh biaya kegiatan logistik yang minimal.

Distribusi multi-eselon dengan pergudangan adalah nama teknis yang diberikan untuk sistem yang dibuat oleh satu atau lebih pabrik, sejumlah area penyimpanan, yang dikenal sebagai gudang, dan tujuan akhir pengiriman. Permintaan pengiriman dilakukan ke gudang, yang memiliki stok barang. Gudang-gudang ini menguasai pengiriman barang dalam jumlah besar ke pabrik-pabrik. Transportasi multi-eselon dengan cross-docking berbeda dari strategi pergudangan dalam kenyataan bahwa platform cross-docking tidak memiliki kemungkinan untuk stok, tetapi menyetujui konsolidasi dan operasi transshipment, dan perintah dibuat langsung ke asal barang tersebut, yang pada umumnya merupakan pabrik atau gudang.

Meskipun sistem transportasi multi-eselon sangat umum dalam kasus-kasus nyata, biasanya diuraikan menjadi tambahan kasus distribusi eselon tunggal. Selain itu, sebagianbesar alat optimasi yang digunakan untuk perencanaan taktis dan operasional berasal dari metode untuk masalah routing kendaraan (VRP). Kelompok masalah ini telah dipelajari secara mendalam, tetapi pada dasarnya mengacu pada sistem eselon tunggal (Toth dan Vigo, 2002 dan Golden et al., 2008). Dalam praktik perencanaan saat ini, pengoptimalan biaya transportasi untuk sistem N-echelon biasanya dibuat dengan membelah sistem menjadi N single eselon masalah kemudian mengoptimalkan mereka, tetapi beberapa penulis sudah mulai menganalisis keuntungan mengingat biaya global dari sistem dalam proses optimasi (Crainic, 2008) dan beberapa studi yang berhubungan dengan pengoptimalan distribusi multi eselon menggunakan pendekatan berbasis routing kendaraan global ditemukan dalam literatur Namun, masih mencari dan membandingkan metode-metode pengoptimalan ini karena masing-masing bidang menggunakan notasi yang berbeda Masalah-masalah ini berasal dari masalah lokasi routing N-echelon yang dihipotesiskan tetapi tidak didefinisikan secara eksplisit (NE-LRP). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memformalkan NE-LRP dengan memberikan notasi terpadu serta formulasi generik yang melapisi varian utama yang ditemukan dalam literatur ilmiah.

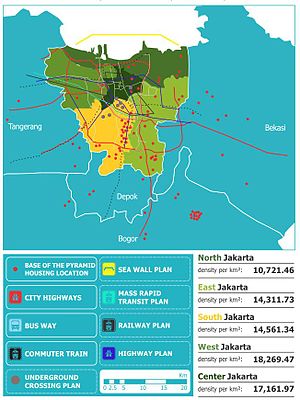
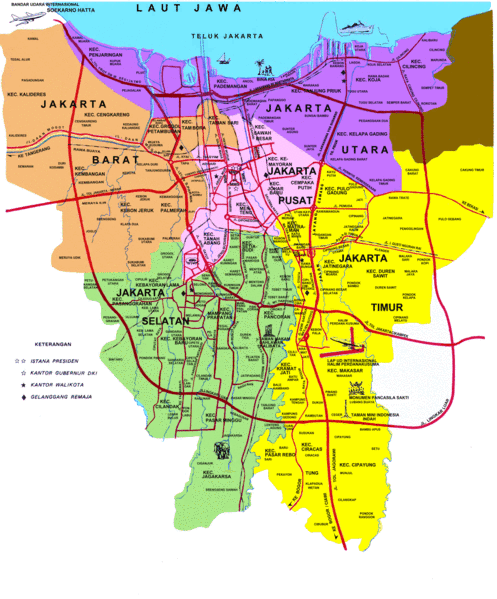
Bagi dunia manufaktur sebagai bagian dari industri, logistik memiliki peranan penting dalam meningkatkan kinerja suatu perusahaan. Kemampuan perusahaan untuk mengelola logistik secara efektif dan efisien dapat mempengaruhi biaya dan tingkat pelayanan terhadap konsumen sehingga dapat bersaing dengan perusahaan sejenis lainnya.Salah satu usaha yang dapat dilakukan perusahaan untuk mengoptimalkan pendistribusian produk adalah meminimalkan biaya tranportasi melalui penentuan rute optimal kendaraan dan penentuan lokasi distribusi yang ideal yang dapat menjangkau keseluruhan konsumen yang tersebar.

PT.X sebagai salah satu produsen Furniture berbahan dasar logam terbesar saat ini mempunyai jaringan distribusi dari pusat sampai ke agen dalam pengiriman produknya. Saat ini perusahaan memiliki satu *Distribution Centre* yang melayani beberapa distributor yang tersebar di seluruh Indonesia. Tranportasi produk menjadi perhatian serius perusahaan karena merupakan salah satu penunjang keberhasilan aspek kualitas ketepatan waktu pengiriman ke konsumen dan efisiensi biaya transportasi yang dapat mempengaruhi profit perusahaan. Perusahaan saat ini belum melakukan analisa ketepatan penempatan lokasi yang ideal untuk menjangkau jaringan kedua setelah distributor yaitu agen. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibahas mengenai lokasi yang ideal penempatan gudang distribusi yang dapat menjangkau luas areal agen sehingga dapat meminimasi biaya logistik dan waktu kirim.

Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta) adalah [ibu kota negara](https://id.wikipedia.org/wiki/Ibu_kota_Indonesia) dan [kota](https://id.wikipedia.org/wiki/Kota) terbesar di [Indonesia](https://id.wikipedia.org/wiki/Indonesia). Jakarta merupakan satu-satunya kota di Indonesia yang memiliki status setingkat [provinsi](https://id.wikipedia.org/wiki/Provinsi_Indonesia). Jakarta terletak di pesisir bagian barat laut [Pulau Jawa](https://id.wikipedia.org/wiki/Pulau_Jawa). Dahulu pernah dikenal dengan beberapa nama di antaranya [Sunda Kelapa](https://id.wikipedia.org/wiki/Sunda_Kelapa),[Jayakarta](https://id.wikipedia.org/wiki/Jayakarta" \o "Jayakarta), dan [Batavia](https://id.wikipedia.org/wiki/Batavia). Di dunia internasional Jakarta juga mempunyai julukan *J-Town*, atau lebih populer lagi *The Big Durian* karena dianggap kota yang sebanding [New York City](https://id.wikipedia.org/wiki/New_York_City) ([*Big Apple*](https://id.wikipedia.org/wiki/Big_Apple)) di [Indonesia](https://id.wikipedia.org/wiki/Indonesia).

Jakarta memiliki luas sekitar 661,52 km² (lautan: 6.977,5 km²), dengan penduduk berjumlah 10.374.235 jiwa (2017). Wilayah metropolitan Jakarta ([Jabodetabek](https://id.wikipedia.org/wiki/Jabodetabek)) yang berpenduduk sekitar 28 juta jiwa, merupakan metropolitan terbesar di [Asia Tenggara](https://id.wikipedia.org/wiki/Asia_Tenggara) atau urutan kedua di dunia.

Sebagai pusat bisnis, politik, dan kebudayaan, Jakarta merupakan tempat berdirinya kantor-kantor pusat BUMN, perusahaan swasta, dan perusahaan asing. Kota ini juga menjadi tempat kedudukan lembaga-lembaga pemerintahan dan kantor sekretariat [ASEAN](https://id.wikipedia.org/wiki/ASEAN). Jakarta dilayani oleh dua bandar udara, yakni [Bandara Soekarno–Hatta](https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar_Udara_Internasional_Soekarno-Hatta) dan [Bandara Halim Perdanakusuma](https://id.wikipedia.org/wiki/Bandara_Halim_Perdanakusuma), serta tiga pelabuhan laut di [Tanjung Priok](https://id.wikipedia.org/wiki/Pelabuhan_Tanjung_Priok), [Sunda Kelapa](https://id.wikipedia.org/wiki/Sunda_Kelapa), dan [Ancol](https://id.wikipedia.org/wiki/Ancol).



**Gambar 1.1.**

Peta Area & Demografi DKI Jakarta

**2. Perumusan masalah**

Tujuan dari LRP adalah menentukan depot yang open (melayani konsumen), mengalokasikan konsumen ke depot terdekat, membuat rute dari depot untuk melayani konsumen berdasarkan permintaan dan disesuaikan dengan kapasitas dari kendaraan yang tersedia. Menurut Maranzana (1964) mengatakan bahwa “lokasi dari pabrik, gudang, dan supplier secara umum untuk melayani pelanggan yang didistribusikan melalui jaringan kota-kota dipengaruhi oleh biaya transportasi kendaraan“. Sehingga Permasalahan CLRP termasuk permasalahan NPHard, dimana terdapat banyak kombinasi ruang solusi yang tercipta dan perlu memperhatikan beberapa konstrain agar biaya yang diperoleh adalah biaya minimum. Sehingga untuk menyelesaikan masalah tersebut bisa menggunakan algoritma metaheuristik yang memiliki kelebihan yaitu menyelesaikan masalah optimasi secara efisien dan dapat menyelesaikan masalah dalam waktu yang cepat. Penelitian kali ini menggunakan pendekatan *Location Routing Problem (LRP)* dalam upaya untuk dapat mengoptimalkan ongkos atau biaya distribusi agar didapatkan ongkos atau biaya distribusi yang murah.

Tahapan pengiriman produk di PT.X untuk area DKI Jakarta melalui beberapa tahap. Dimulai dari distribution center yang berada di kantor pusat dikirim ke Distributor area kemudian ke agen/toko yang tersebar. Cakupan areal yang luas serta sebaran agen dalam satu wilayah yang berbeda mengharuskan perusahaan merencanakan pola dan rute pengiriman yang dapat meminimasi biaya tranportasi dan penentuan lokasi yangyang tepat agar dapat dengan cepat mencapai agen yang tersebar tersebut. Oleh karena itu, bagaimana memilih lokasi, menentukan rute kendaraan, dan mengendalikan persediaan yang optimal menjadi isu yang penting dalam merancang sebuah sistem logistk perusahaan saat ini. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kluster agen/konsumen yang efisien di wilayah distributor
2. Bagaimana menentukan lokasi gudang antara untuk mengoptimalkan biaya transportasi pada perusahaan?
3. Bagaimana *route* yang terbentuk dari gudang antara ke masing-masing distributor/agen?
4. Berapa biaya total distribusi yang dihasilkan dari penentuan lokasi gudang antara berserta rute yang terbentuk?
5. **Langkah-langkah Pemecahan Masalah**

Metode pemecahan masalah dilakukan dengan beberapa prosedur dan langkah-langkah menggunakan data yang diambil dari perusahaan. Berikut merupakan langkah-langkah pemecahan masalah dan dapat dilihat lengkap

1. **Identifikasi Masalah**

Permasalahan yang kompleks didalam pengiriman produk di perusahaan diidentifikasi menjadi permasalahan utama yaitu bagaimana mereduksi ongkos transportasi dari Distribution Centre (DC) ke gudang penyangga serta ke Agen-Agennya.

1. **Studi Pustaka**

Studi pustaka ini dilakukan untuk mencari referensi-referensi dasar yang mendukung penelitian yang akan dilakukan. Referensi didapatkan dengan membaca buku-buku yang berkaitan dengan perancangan sistem logistic dan permasalahan-permasalahannya.Studi literatur dilakukan sebagai pendukung penelitian yang dilakukan secara teoritis. Studi literatur dilakukan dengan mendapatkan teori dari berbagai sumber dengan melihat teori yang sudah ditentukan khususnya teori mengenai *Location Routing Problem*, metode *Fuzzy C-means*, serta metode *Insertion Heuristik*.

1. **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara secara langsung serta hasil *browsing* internet. Dari pengumpulan data yang dilakukan didapatkan data-data yaitu:

1. *Demand* setiap Agen

Data ini menunjukkan permintaan masing-masing Agen yang harus dikunjungi oleh setiap kendaraan. Dan *demand* yang diambil pada penelitian ini yaitu *demand* pada bulan Januari 2022.

1. Jumlah Agen

Data ini menunjukkan jumlah Agen yang di *supply* oleh Distribution Centre (DC) PT.X di daerah DKI Jakarta.

1. Kapasitas Gudang Utama (Distribution Centre (DC))

Data ini berupa data seberapa banyak maksimal produk yang dapat disimpan didalam Distribution Centre (DC).

1. Jumlah kendaraan

Data yang menunjukkan jumlah kendaraan yang laik jalan dan yang sedang digunakan saat ini untuk mengantar barang ke setiap Agen PT.X.

1. Ongkos distribusi/transportasi

Data biaya ongkos yang dikeluarkan setiap kali mengantarkan barang ke setiap Agen PT.X, dan dapat berupa biaya Bahan Bakar Minyak (BBM).

1. Titik koordinat

Data yang dikumpulkan dengan cara *browsing* internet yaitu rute dan jarak kendaraan tercepat (menggunakan *google maps*) dan titik koordinat masing-masing Agen.

**4. Penentuan *Clustering***

Untuk memudahkan dalam menentukan lokasi Distribution Centre (DC)/gudang antara yang potensial, maka perlu dilakukan dengan beberapa tahap, pertama yaitu menentukan *cluster* dengan menggunakan metode *Fuzzy C-means* (FCM).

**5. Penentuan Lokasi Distribution Centre (DC)/ Gudang Antara**

Penentuan lokasi fasilitas dilakukan dengan cara *try and error*. Jadi seluruh *node* atau Agen memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih menjadi lokasi Distribution Centre (DC) atau gudang antara yang potensial. Pengambilan keputusan dimana letak Distribution Centre (DC) atau gudang antara yang potensial dilihat dari hasil *routing* menggunakan metode *Insertion Heuristic*. Lokasi *node* atau Agen dari masing-masing *cluster* secara bergantian dijadikan lokasi Distribution Centre (DC) atau gudang antara yang kemudian dilakukan *routing*.

Mulai

Tentukan ritel awal untuk dijadikan gudang antara

Tentukan rute terpendek dengan menggunakan metode *Insertion Heuristic*

Bandingkan hasil jarak yang diperoleh

Penentuan lokasi dan rute terpendek telah ditemukan?

Hitung kapasitas gudang antara

Kapasitas gudang antara cukup?

Hitung Biaya Distribusi

Ya

Tidak

Ya

Tidak

Selesai

**6. Rute dengan Menggunakan Metode *Insertion Heuristic***

Pernentuan rute dilakukan dengan menggunakan Metode *Insertion* Heuristik. Terdapat banyak sekali pemecahan masalah mengenai *routing*. Namun pada studi kasus ini digunakan metode *Insertion* Heuristik. Berikut langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan *routing* menggunakan metode *Insertion* Heuristik:

1. Menentukan matriks jarak

Matriks jarak didapatkan dari internet dengan bantuan *google maps* dan dilihat dari rute tercepat.

1. Menghitung kapasitas kendaraan

Kapasitas kendaraan pada penelitian ini yaitu menggunakan mobil engkel dengan kapasitas maksimum 3 ton.

1. Memilih node awal

Node awal dipilih secara bebas yang nantinya akan dijadikan sebagai node awal dari rute yang terbentuk. Tentukan seluruh node (selain Distribution Centre (DC)) yang belum termasuk kedalam rute sebagai node bebas. Pemilihan node awal ini dapat didasarkan pada jarak terdekat dengan Distribution Centre (DC) ataupun lainnya.

1. Inisialisasi node bebas

Node bebas yang tidak digunakan kemudian di inisialisasi. Setelah itudiinisialisasikan rute dan node yang dipilih sebelumnya, maka mulai dan akhiri rute pada Distribution Centre (DC).

1. Menghitung nilai Z1 dan Z2

Tentukan rute pada saat ini dengan R = (0, ij,.....0), dimana 0 adalah Distribution Centre (DC). Hitung nilai Z1 dan Z2, dimana Z1 adalah *node* dengan jarak terpendek dengan Distribution Centre (DC) dan Z2 adalah *node* yang terdekat dengan *node* sebelumnya. Hitung nilai Z1 menggunakan formula :

*Z1(i,u,j)* = *diu+duj+dij*

Selanjutnya menghitung *Z2(i,u,j)* = *d0u - Z1(i,u,j)* dimana *d0u* adalah jarak untuk mencapai node *u* langsung dari Distribution Centre (DC).

1. Menyisipkan nilai Z1

Sisipkan node bebas *u* yang memiliki nilai Z1 (*i, u, j*) minimum pada rute diantara node *i* dan *j* yang telah ada. Rute baru ini disebut dengan R.

1. Menghitung kapasitas kendaraan

Hitung *L*(*i*) = *L*(0) + *C(i)*

Jika *L(i)* tidak melebihi kapasitas kendaraan, maka lanjutkan ke langkah menghitung Z2, jika tidak maka hentikan.

1. Menyisipkan nilai Z2

Jika kapasitas kendaraan masih mencukupi, maka lakukan penyisipan untuk node bebas *u* dengan nilai Z2 (*i, u, j*) maksimum kedalam rute diantara node *i* dan*j* yang telah ada. Dan lakukan kembali perhitungan kapasitas kendaraan. Apabila sudah melebihi kapasitas kendaraan maka langkah selanjutnya dihentikan.

**7. Penentuan Total Ongkos Distribusi**

Total ongkos distribusi dihitung setelah dilakukan *clustering* dan *routing* dari lokasi Distribution Centre (DC) baru ke setiap Agen di masing-masing *cluster*. Apabila hasil yang didapatkan total ongkos dari Distribution Centre (DC) baru lebih besar dari Distribution Centre (DC) yang ada saat ini, maka dilakukan penentuan kembali lokasi Distribution Centre (DC) potensial lain.

1. **Analisa dan Pembahasan**

Setelah melakukan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya kemudian hasilnya dijadikan analisa perbandingan antara lokasi dan rute distribusi yang telah dilakukan pada kondisi awal di perusahaan dengan usulan lokasi dan rute distribusi yang dilakukan.

1. **Kesimpulan dan Saran**

Setelah dilakukan analisa terhadap penentuan lokasi Distribution Centre (DC) antara (gudang antara) dan dibuat rute baru terhadap setiap Agen, maka langkah berikutnya yaitu menarik kesimpulan dari seluruh rangkaian proses. Kesimpulan didasarkan pada hasil yang telah di peroleh dari pengolahan dan analisis data sedangkan saran berguna untuk penelitian selanjutnya atau masukan pada perusahaan dalam perbaikan sistem.

1. **Hasil penelitian**
   1. **Pengelompokkan Anggota Cluster (*Clustering)***

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode FCM, didapatkan hasil anggota cluster yang kemudian disesuaikan dengan kapasitas kendaraan yang diusulkan.

* Jumlah cluster ditentukan terlebih dahulu, yaitu 5 cluster dan kendaraan yang digunakan sama dengan jumlah cluster yang berarti masing-masing cluster menggunakan satu buah kendaraan.
* Penentuan banyaknya cluster didasarkan pada kapasitas kendaraan agar dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan, hal itu bertujuan agar tidak terjadi kekosongan pada saat pengiriman barang ke setiap Agen anggota cluster ataupun kendaaan hanya melayani satu Agen saja kemudian kembali ke depot.

**Tabel** Hasil Clustering

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **CLUSTER** | **AGEN** | | **DEMAND (Kg)** | **TOTAL (Kg)** |
| CLUSTER 1 | 9 | L | 1200 | 4295 |
| 15 | R | 1295 |
| 20 | W | 700 |
| 7 | J | 1100 |
| CLUSTER 2 | 4 | G | 1000 | 4615 |
| 5 | H | 962 |
| 6 | I | 1358 |
| 14 | Q | 1295 |
| CLUSTER 3 | 2 | E | 981 | 4532 |
| 3 | F | 1318 |
| 8 | K | 880 |
| 18 | U | 1353 |
| CLUSTER 4 | 10 | M | 960 | 4409 |
| 11 | N | 1248 |
| 12 | O | 1431 |
| 13 | P | 770 |
| CLUSTER 5 | 1 | D | 1286 | 4773 |
| 16 | S | 1315 |
| 17 | T | 800 |
| 19 | V | 1372 |
| **TOTAL DEMAND** | | | **22624** | **22624** |

Dengan adanya pembentukan cluster tersebut, perusahaan dapat mengetahui masing-masing anggota dari cluster yang telah terbentuk. Setelah dilakukan clustering perusahaan mendapatkan penjadwalan yang baik dalam pengiriman barang ke setiap Agen yang dilayaninya serta tidak menimbulkan ritase yang berulang. Dan untuk proses *backhaul*, perusahaan menerapkan sistem yang berbeda dengan pada saat pengiriman barang ke setiap Agen.

**4. 2. Penentuan Lokasi Depot/Gudang Antara**

Perhitungan selanjutnya yaitu menentukan lokasi depot/gudang antara. Untuk menentukan lokasi depot antara yaitu dengan melakukan:

* Pemilihan lokasi secara *try and error* untuk masing-masing Agen/node dari masing-masing cluster sehingga seluruh anggota cluster memiliki kesempatan yang sama untuk menjadi lokasi depot/gudang antara.
* Agen atau node tersebut berperan sebagai titik awal dalam penentuan rute distribusi.
* Pada penentuan rutenya dilakukan dengan metode *Insertion Heuristik* dan dalam penentuan rute distribusi dilakukan sesuai dengan kebutuhan *demand* setiap hari yang dilakukan pada masing-masing cluster.
* Setiap anggota cluster dilakukan perhitungan yang sama agar didapatkan rute dengan jarak terpendek. Agen atau node yang menghasilkan rute dengan jarak terpendek akan dijadikan lokasi depot atau gudang antara.

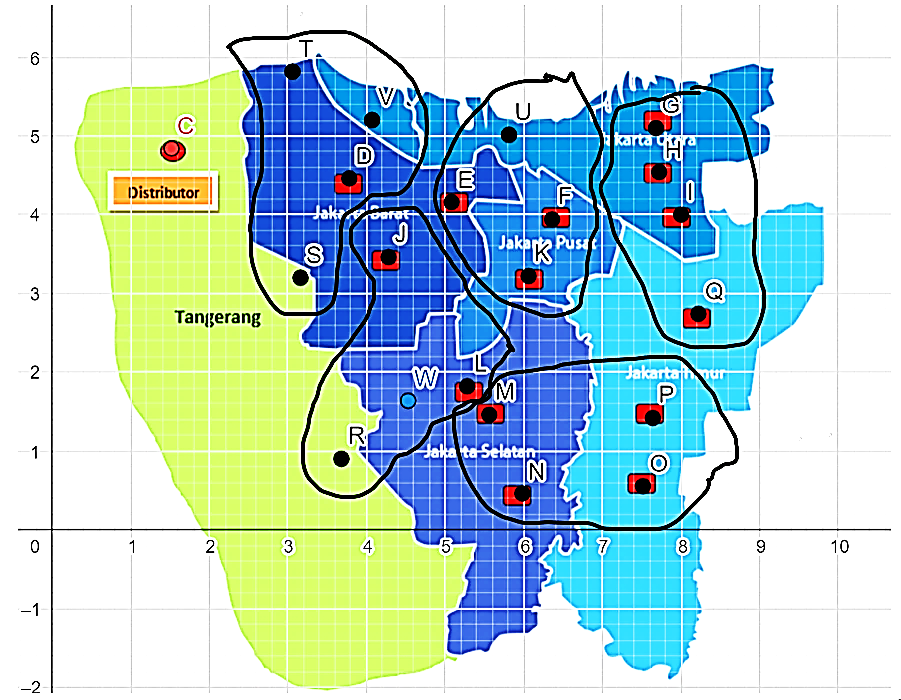
Berikut ini merupakan hasil dari penentuan rute distribusi usulan beserta lokasi depot atau gudang antara yang dapat dilihat pada tabel berikut ini,

**Tabel.**Hasil Clustering

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cluster** | **Node/Agen** | | | | | **Jarak (Km)** |
| 1 | 15 | 9 | 7 | 20 | 15 | 6,70 |
| 2 | 5 | 4 | 6 | 14 | 5 | 14,19 |
| 3 | 18 | 2 | 3 | 8 | 18 | 13,40 |
| 4 | 12 | 11 | 13 | 10 | 12 | 23,30 |
| 5 | 16 | 17 | 19 | 1 | 16 | 8,46 |
| **Total** | | | | | | **66,05** |

* Pada kondisi eksisting, kendaraan langsung mengirimkan barang dari gudang atau depot Utama (Distributor) ke setiap Agen.
* Sedangkan untuk penelitian ini, diusulkan bahwa ditempatkan suatu depot/gudang antara untuk meminimalkan jarak dan biaya distribusi sehingga pada penentuan rutenya tidak memperhatikan lagi jarak dari depot utama.

Sebelumnya dibuat pengelompokkan atau clustering untuk memaksimalkan kapasitas kendaraan. Dalam menentukan lokasi depot atau gudang antara ini, diperhatikan juga bahwa lokasi manapun yang akan menjadi depot/gudang antara, kapasitasnya harus dapat melayani demand dari cluster-nya, yang berarti kapasitas Agen yang menjadi lokasi depot/gudang antara harus memiliki kapasitas gudang lebih dari sama dengan 5 ton. Dan masing-masing cluster dilayani oleh satu kendaraan jenis *colt diesel double* dengan kapasitas 5 ton. Dan untuk memperjelas penjelasan diatas, maka dapat dilihat pada Gambar dibawah ini,



Gambar. Lokasi Gudang Antara dan Sebaran Distribusinya

* 1. **Hasil Perhitungan Jarak Tempuh**

Dari hasil pengolahan data penentuan rute distribusi pada kondisi eksisting mapupun hasil dari kondisi usulan, terdapat perbedaan jarak tempuh kendaraan yang sangat mencolok. Disamping untuk kondisi eksisting, satu Agen dilayani oleh satu kendaraan serta dilakukan backhaul sekaligus maka berefek pada jarak tempuh yang dilalui menjadi sangat jauh, dan untuk kondisi usulan pengiriman barang dilakukan dengan cara dikelompokkan terlebih dahulu, sehingga satu kendaraan dapat melayani beberapa Agen. Dan juga penentuan lokasi depot/gudang antara dimaksudkan agar supplier langsung mengirim barang ke guang antara tersebut, tidak melalui gudang utama (tidak melakukan cross docking).

**Table** Jarak Tempuh Usulan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Dari** | **Ke** | **Jarak (Km)** |
| Distributor | Cluster 1 | 25,40 |
| Distributor | Cluster 2 | 31,17 |
| Distributor | Cluster 3 | 30,46 |
| Distributor | Cluster 4 | 27,26 |
| Distributor | Cluster 5 | 33,10 |
| Jarak dari ditributor ke tiap pusat cluster | | **147,38** |
| Jarak Total Cluster | | **66,05** |
| **Total Jarak Tempuh Diatributor Agen** | | **213,43** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kondisi** | **Jumlah Kendaraan** | **Total Jarak (Km)** |
|
| 1 | Eksisting | 10 | **619,70** |
| 2 | Hasil Perhitungan | 5 | **213,43** |

Dari hasil perhitungan jarak tempuh usulan didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan jarak yang sangat signifikan, yaitu:

* Efisiensi jarak sebesar 406,27 Km.
* Jumlah kendaraan yang awalnya 10 kendaraan (satu Agen dilayani oleh satu kendaraan denga kendaraan kapasitas 3 ton), diusulkan menjadi 5 kendaraan kapasitas 5 ton (5 cluster).
* Efisiensi jarak yang dilakukan perusahaan yaitu sebesar 65,5%.
  1. **Hasil Perhitungan Waktu Pelayanan**

Analisis yang dilakukan berikutnya yaitu analisis waktu pelayanan. Walaupun pada dasarnya penelitian ini bukan termasuk kedalam model permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows (*VRPTW), tetapi realita di lapangan bahwa perusahaan membutuhkan analisis mengenai waktu pelayanan untuk menjadi bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan.

Waktu pelayanan meliputi waktu loading dan unloading yang didapat dari hasil pengamatan secara langsung di depot utama PT.X. Sedangkan waktu tempuh didapatkan dari perhitungan rasio mesin dengan kecepatan rata-rata kendaraan sebesar 40 Km/Jam.

Analisis waktu pelayanan ini dilakukan perbandingan antara kondisi eksisiting dengan kondisi usulan. Berdasarkan hasil pengolahan data, hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut,

**Tabel.**Perbandingan Waktu Pelayanan

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kondisi** | **Jumlah kendaraan** | **Waktu Loading (Menit)** | **Waktu Tempuh (Menit)** | **Waktu Unloading (Menit)** | **Waktu Pelayanan (Menit)** |
| 1 | Eksisting | 10 | 566 | 1859 | 603 | 3028 |
| 2 | Hasil Perhitungan | 5 | 566 | 419 | 603 | 1367 |

* Total waktu loading dan unloading pada dua kondisi jika ditotalkan akan mempunyai jumlah yang sama, namun jika untuk tiap cluster akan berbeda. Hal ini dikarenakan jumlah kuantiti yang berbeda untuk tiap cluster. Perbedaan ini karena alur pengiriman barang yang awalnya semua barang di kirim dari depot utama kemudian menjadi barang dikirim dari depot antara yang ada di masing-masing cluster.
* Untuk hasil dari perhitungan waktu tempuh total, perusahaan dalam menghemat waktu selama 1440 menit atau sebesar 77 % dari total waktu tempuh kondisi eksisting. Dan untuk total waktu pelayanan perusahaan dapat menghemat waktu sebesar 1.661 menit atau sebesar 54,9%.
  1. **Hasil Perhitungan Total Biaya Distribusi**

Analisis total biaya distribusi merupakan salah satu analisis yang penting bagi perusahaan karena biaya merupakan komponen penting dalam kegiatan distribusi yang pada umumnya perusahaan melakukan segala upaya agar mendapatkan total biaya distribusi yang minimum. Untuk analisis total biaya distribusi yang saat ini dilakukan yaitu melakukan perbandingan biaya kondisi eksisting dan kondisi usulan, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan pada perencanaan dimasa yang akan datang mengenai kegiatan pendistribusiannya.

Biaya distribusi merupakan biaya yang terdiri dari total *fixed cost* dan *variable cost*. Adapun yang termasuk kedalam *fixed cost* yaitu biaya sewa gudang, gaji karyawan, listrik, PAM dan telepon, operasional gudang, serta panjak kendaraan. Sedangkan untuk *variable cost* yaitu bahan bakar, perawatan kendaraan serta akomodasi pengiriman. Berikut merupakan perbandingan fixed cost untuk kondisi eksisting dan usulan,

**Tabel.** Perbandingan *Fixed Cost*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Fixed Cost*** | | | |
| **No** | **Kategori Biaya** | **Eksisting (Rp)** | **Usulan (Rp)** |
| 1 | Sewa Gudang | 777.778 | 140.449 |
| 2 | Gaji Karyawan | 1.824.018 | 912.009 |
| 3 | Listrik, PAM, Telfon | 116.667 | 66.667 |
| 4 | Operasional Gudang | 833.333 | 250.000 |
| 5 | Pajak Kendaraan | 1.076.667 | 316.433 |
| **Total *Fixed Cost*** | | **4.628.462** | **1.685.557** |

Perbedaan nilai *fixed cost* terlihat pada biaya sewa gudang, karena kapasitas gudang yang digunakan berbeda, untuk kondisi eksisting luas gudang yang digunakan yaitu 5000 m2, sedangkan untuk kondisi usulan dikarenakan lokasi gudang menyatu dengan lokasi Agen yang berada di dalam kota rata-rata hanya memiliki luas sekitar 100 m2. Gaji karyawan pun berbeda, karena kebutuhan karyawan di depot distributor saat ini tidak sebanyak kebutuhan karyawan di depot antara, karena masing-masing depot Agen memiliki tanggung jawab masing-masing dalam mengatur kegiatan yang ada di clusternya masing-masing. Perbedaan selanjutnya terlihat pada bagian pembayaran listrik, PAM, telepon serta operasional gudang yang semuanya dikalikan dengan jumlah depot antara yaitu 5. Dan untuk pajak kendaraan, memiliki perbedaan yang signifikan, karena untuk kondisi eksisting, perusahaan harus mengeluarkan pajak untuk 10 kendaraan sedangkan kondisi usulan, perusahaan hanya harus mengeluarkan pajak kendaraan untuk 5 kendaraan saja. Efisiensi untuk *fixed cost* yaitu sebesar **64%.** atau sebesar Rp. 2.942.905,-.

Perbandingan selanjutnya dilakukan pada *variable cost* yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini,

**Tabel.** Perbandingan *Variable Cost*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Variable Cost*** | | | |
| **No** | **Kategori Biaya** | **Eksisting (Rp)** | **Usulan (Rp)** |
| 1 | Bahan Bakar | 1.404.653 | 543.066 |
| 2 | Perawatan Kendaraan | 300.000 | 75.000 |
| 3 | Akomodasi Pengiriman | 1.700.000 | 425.000 |
| **Total *Variable Cost*** | | **3.404.653** | **1.043.066** |

Berdasarkan informasi dari tabel diatas terlihat bahwa biaya yang dikeluarkan perusahaan pada kondisi eksisting sangat besar, hal ini dikarenakan banyaknya kendaraan yang dipakai, sehingga biaya untuk bahan bakar, perawatan kendaraan dan akomodasi pengirimanpun sangat tinggi. Kendaraan yang dipakai pada kondisi eksisting sebanyak 20 buah, sedangkan untuk kondisi usulan hanya diperlukan kendaraan sebanyak 5 buah. Efisiensi yang didapatkan perusahaan yaitu sebesar 69%. atau Rp 2.361.587.

Setelah dilakukan perbandingan pada *fixed cost* dan *variable cost* maka dilakukan perbandingan pada biaya distribusi.

**Tabel.**Perbandingan Variable Cost

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **BIAYA** | **Eksisting (Rp)** | **Usulan (Rp)** |
| Total Fixed Cost | 4.628.462 | 1.685.557 |
| Total Variable Cost | 3.404.653 | 1.043.066 |
| **Total biaya per hari** | **8.033.115** | **2.728.623** |
| **Total biaya per bulan** | **160.662.296** | **54.572.465** |

Berdasarkan Tabel diatas terlihat bahwa perbedaan total biaya distribusi untuk kondisi eksisting dan kondisi usulan yaitu sebesar Rp. 106.089.832 atau menghasilkan efisiensi sebesar 66%.

* 1. **Pembahasan Pengelompokkan Anggota Cluster**

Berdasarkan kondisi perusahaan saat ini, pola distribusi yang diterapkan oleh perusahaan memiliki pola distribusi yang kurang efektif. Diantaranya yaitu pengiriman barang dilakukan satu persatu untuk 20Agen yang dilayani oleh depot saat ini, yang mengakibatkan jarak tempuh yang dihasilkan menjadi panjang serta total biaya distribusi menjadi besar. Selain itu, jumlah kendaraan yang diperlukan pun banyak dikarenakan kapasitas kendaraan yang terbatas, sehingga kegiatan distribusi yang dilakukan perusahaan menjadi kurang efektif dan efisien. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan usulan perbaikan terhadap kegiatan distribusi yang dilakukan oleh PT.X guna meminimalisir biaya distribusi.

Untuk melakukan perbaikan kegiatan distribusi, hal yang dilakukan pertama yaitu menentukan cluster dimana dari hasil perhitungan didapat 5 cluster yang terbentuk. Jumlah cluster ini ditentukan terlebih dahulu karena dimaksudkan untuk memaksimalkan kapasitas kendaraan. Kendaraan yang diusulkan yaitu kendaraan jenis colt diesel double dengan kapasitas 5 ton. Dengan adanya pembentukan cluster maka perusahaan dapat melayani anggota dari masing-masing cluster dengan hanya satu kendaraan saja dan jarak tempuh yang dilalui oleh kendraan tidak terlalu besar akibat dari pemborosan rute.

Pada penentuan lokasi depot/gudang antara dilakukan bersamaan dengan penentuan rute menggunakan metode *Insertion Heuristic*. Semua anggota cluster memiliki hak yang sama untuk dijadikan lokasi depot/gudang antara, sehingga pada penentuan rutenya dilakukan dengan cara *try and error*. Lokasi yang memiliki rute dengan jarak terpendek dari setiap cluster nya dapat dipilih menjadi lokasi depot/gudang antara.

Pada masing-masing cluster terdapat satu depot/gudang antara yang melekat dengan lokasi Agen. Dengan adanya depot/gudang penyangga ini, perusahaan dapat menghemat total jarak tempuh dan biaya bahan bakar karena produk dikirim langsung dari supplier sehingga kendaraan tidak berangkat dari depot utama lagi. Penentuan rute ini diharapkan dapat memberikan solusi penentuan rute yang optimal.

**4.6 Pembahasan Total Biaya Distribusi**

Analisis Total biaya distribusi terdiri dari *fixed cost* dan *variable cost* dapat dilihat pada Tabel berikut dengan membandingkan seluruh faktor biaya.

**Tabel** Perbandingan Total Biaya Distribusi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Biaya** | **Eksisting (Rp)** | **Usulan (Rp)** | **Selisih (Rp)** | **Efisiensi** |
| Total Fixed Cost | 4.628.462 | 1.685.557 | 2.942.905 | 64% |
| Total Variable Cost | 3.404.653 | 1.043.066 | 2.361.587 | 69% |
| **Total biaya per hari** | 8.033.115 | 2.728.623 | 5.304.492 | 66% |
| **Total biaya per bulan** | **160.662.296** | **54.572.465** | **106.089.832** | **66%** |

Dari data diatas terlihat penghematan biaya tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan layanan distribusi guna mencapai kepuasan pelanggan. Rancangan gudang antara pada penelitian ini merupakan usulan atas tidak digunakannya lagi pusat gudang distribusi yang ada sebelumnya. Sehingga biaya yang timbul akibat adanya gudang antara dapat diasumsikan telah di cover atau ditutupi oleh berkurangnya biaya sewa luas gudang yang digunakan saat ini sehingga biaya yang timbul akibat adanya 5 gudang antara ini tidak menimbulkan biaya baru.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Ahmad,Arwan (2017) Kontribusi Logistik Dalam Perusahaan, Jurnal Optimasi Sistem Industri - Vol. 17 No. 1 (2018) 35-45. 2017 Sci.
2. Andriansyah. 2015 Manajemen Transpotasi Dalam Kajian Dan Teori. Edisi pertama Jakarta
3. Ballou, Ronald H., 1992, *Business Logistics Management*, 4th ed., Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
4. Braysy, Olli dan Michel Gendreau, 2001, “Tabu Search Heuristics for Vehicle Routing Problem with Time Windows”, *Journal of SINTEF*, hal. 5
5. Bowersox, Donald J. 1996. *Manajemen Logistik*. Jakarta : Bumi Aksara.
6. Cahyaningsih, W. K., Sari, E. R., & Hernawati, K. (2015). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (Cvrp) Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat. In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY* (pp. 1-8).
7. Daneshzand, F. (2011). The vehicle-routing problem. *Logistics Operations and Management*, *8*, 127-153.
8. Djunaidi, A. V., & Juwono, C. P. (2018). Football game algorithm implementation on the capacitated vehicle routing problems. *Int J Comput Algoritm*, *7*(1), 45-53.
9. Euchi, J., & Sadok, A. (2021). Hybrid genetic-sweep algorithm to solve the vehicle routing problem with drones. *Physical Communication*, *44*, 101236.
10. Gunawan, Indra Maryati, dan Henry Kurniawan W, “Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang dengan Ant Colony Optimization,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, Surabaya : Sekolah Tinggi Teknik Surabaya, 2012.
11. Ginting, Rosani, 2007, Sistem Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
12. Garside, A. K. (2017). *Manajemen Logistik*. UMMPress.