**PERANCANGAN APLIKASI OPTIMALISASI DISTRIBUSI GALON AIR MINERAL MENGGUNAKAN ALGORITMA *IMPROVED FLOWER POLLINATION***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Salma Lailatul Alifah** | **Siti Komsiyah** | **Andry Chowanda** |
| School of Computer Science, Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia, (021) 5345830, [salma.alifah@binus.ac.id](mailto:salma.alifah@binus.ac.id) |  |  |

***ABSTRACT***

*The distribution of goods is a process of distributing goods from distributors to consumers. Distribution of goods is an important element in the process of running a business. However, sometimes business people do not realize that the selection of distribution routes taken is not optimal so that the shipping costs are too large. Therefore, it is necessary to optimize the distribution of goods to optimize the results of shipping routes and total costs. The goods distribution application is designed in the form of a website using the Improved Flower Pollination Algorithm method with problem constraints from the Capacitated Vehicle Routing Problem.* *Then a comparison results of total distance obtained from the distributor, the FPA method and the IFPA method will be carried out which will simultaneously calculate the total distribution cost of each. The IFPA method produces a smaller total route distance, so that the minimum total cost is obtained.*

***Key words: Improved Flower Pollination Algorithm, Flower Pollination Algorithm, Capacitated Vehicle Routing Problem, Optimization, Distribution, Web Application***

**ABSTRAK**

Pendistribusian barang merupakan sebuah proses penyaluran barang dari distributor ke konsumen. Pendistribusian barang merupakan elemen penting dalam proses berjalannya suatu bisnis. Namun terkadang pelaku bisnis tidak menyadari bahwa pemilihan rute distribusi yang diambil tidak optimal sehingga biaya pengiriman terlalu besar. Maka dari itu diperlukan adanya aplikasi optimalisasi distribusi barang untuk mengoptimalkan hasil rute pengiriman dan total biaya. Aplikasi distribusi barang dirancang dalam bentuk website dengan menggunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm* dengan batasan masalah dari *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Kemudian dilakukan perbandingan hasil total jarak yang diperoleh dari distributor, metode FPA dan metode IFPA yang sekaligus akan dihitung total biaya distribusi masing-masing. Metode IFPA menghasilkan total jarak rute yang lebih kecil, sehingga diperoleh total biaya yang minimum.

**Kata kunci: *Improved Flower Pollination Algorithm, Capacitated Vehicle Routing Problem*, *Flower Pollination Algorithm,* Optimasi, Distribusi, Aplikasi Web**

**PENDAHULUAN**

Kebutuhan manusia akan air mineral terus meningkat sehingga semakin banyak produsen air mineral yang tumbuh untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan banyaknya industri air mineral dalam negeri, mendorong tingkat persaingan yang semakin ketat. Hal ini juga yang menyebabkan tuntutan konsumen terhadap kualitas dan kuantitas suatu produk, salah satu usaha pemenuhan tuntutan kebutuhan konsumen adalah dengan adanya ketepatan distribusi suatu barang (Amna, 2016). Oleh karena itu, distribusi memegang peran penting sebagai konektor antara perusahaan dengan pelanggan. Masalah yang sering terjadi terkait pendistribusian adalah membuat keputusan-keputusan mengenai rute yang dapat mengoptimalkan jarak ataupun waktu tempuh, kemudian banyaknya kendaraan yang beroperasi, dan sumber daya lainnya. Biaya distribusi yang tinggi dipengaruhi oleh jarak antar pelanggan, daya tampung atau kapasitas dari kendaraan. Routing perjalanan yang digunakan untuk mendistribusikan produk memiliki berbagai variasi dari satu titik ke titik lainnya. Permintaan dari setiap pelanggan juga berbeda-beda, ditambah rute pada setiap kendaraan yang harus memperhatikan kapasitas kendaraan. Routing yang optimal dapat menghasilkan jarak ataupun waktu yang tercepat, dengan demikian penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien (Chandra & Setiawan, 2018). Adanya hambatan pada suatu sistem distribusi, akan berdampak terhadap aspek-aspek perdagangan. Hal ini terjadi karena faktor biaya dari pendistribusian yang dapat mempengaruhi nilai jual produk dan keuntungan perusahaan. (Ade, Ratna, Nuzulia, 2017).

CVRP merupakan permasalahan penentuan rute kendaraan yang bertujuan untuk meminimasi jarak rute dan meminimasi biaya transportasi dari suatu permasalahan pengiriman barang. Tujuan CVRP adalah menemukan rute optimum untuk setiap kendaraan dan urutan pelanggan yang dilayani oleh kendaraan tersebut. Pembatasan kapasitas kendaraan menjadi karekteristik khusus dalam model CVRP ini. Saat ini penentuan rute di perusahaan dilakukan secara manual. Dalam sekali jalan pengiriman, sering kali jumlah toko yang harus dikunjungi adalah sebanyak 10 toko. Namun tidak memungkinkan juga jumlah toko yang harus dikunjungi lebih dari itu. Ketika jumlah toko yang harus dikunjungi lebih dari itu, perusahaan kesulitan menentukan rute pengiriman jika dengan cara manual. Maka dilakukan optimalisasi pendistribusian barang pada perusahaan dengan menggunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm*. Kemudian dikembangkan aplikasi untu rute pendistribusian galon air mineral pada perusahaan, dan dilakukan perbandingan antara metode IFPA, FPA, dan perhitungan manual.

*Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA) merupakan hasil perkembangan dari *Flower Pollination Algorithm* (FPA), yang merupakan salah satu algoritma optimasi yang dapat digunakan untuk pencarian posisi dengan nilai fungsi tujuan minimum dan salah satu algoritma yang terinspirasi dari alam, yaitu terinspirasi dari proses penyerbukan bunga pada tanaman. Digunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm*, karena berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukan bahwa metode tersebut terbukti dapat memberikan hasil yang optimal dan dapat menyelesaikan permasalahan sejenis. Metode *Improved Flower Pollination Algorithm* memiliki kinerja yang lebih baik daripada algoritma tradisional, algoritma genetika dan lainnya. Penyerbukan dapat dilakukan dengan penyerbukan sendiri atau penyerbukan silang, baik melalui proses abiotik maupun biotik. Dari sudut pandang evolusi biologis, tujuan penyerbukan bunga adalah kelangsungan hidup tanaman yang paling cocok dan reproduksi optimal dari segi jumlah serta kualitas kebugaran. FPA mengadopsi dan memformulasi perilaku aliran tanaman tersebut untuk solusi masalah optimasi terkendala (Xiao-Xu Ma, Jie-Sheng Wang, 2018). IFPA dapat menyelesaikan masalah optimasi dengan lebih komplek daripada FPA. Dalam prosesnya, solusi yang buruk akan digantikan dengan solusi yang lebih baik untuk mencapai nilai optimal pada fungsi objektif. Algoritma IFPA memiliki tingkat konvergensi yang tinggi dan terbukti lebih konvergen dibandingkan *Swarm Intelligence* dan *Genetic Algorithm* (Hari Mohan, Panigrahi, and Manjaree Pandit, 2015).

**METODE PENELITIAN**

***Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP)**

*Capacitated Vehicle Routing Problem* merupakan bentuk paling dasar dari *Vehicle Routing Problem*, yang dapat dilihat sebagai formulasi gabungan dari dua masalah yang telah ada sebelumnya, yaitu *Travelling Salesman Problem* (TSP) dan *Bin Packing Problem* (Gunawan, Maryati, & Wibowo, 2012). Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1959 oleh Dantzig dan Ramser melalui makalah mereka yang berjudul ”*The Truck Dispatching Problem*”. *Capacitated Vehicle Routing Problem* adalah masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu yang homogen, dan melayani permintaan sejumlah pembeli yang kuantitas permintaannya telah diketahui sebelum proses pengiriman berlangsung (Kartika, Sari, & Hernawati, 2015). Kendaraan berangkat dari *central* depot untuk melakukan pengiriman dan kembali ke *central* depot setelah melakukan pengiriman. Diasumsikan jarak atau biaya perjalanan antara semua lokasi telah diketahui. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) adalah VRP di mana kendaraan dengan daya dukung terbatas perlu mengambil atau mengirimkan barang di berbagai lokasi.

*Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dapat dimodelkan sebagai berikut (Pornsing, 2014):

1. Notasi

*i, j*  : indeks dari *customer; i = 1*…*n, j* = 1.. *n*;0 sebagai depot

*k* : indeks dari kendaraan: *k* = 1…*m*

*cij*: jarak dari *customer i* dan *j*

*di*: pesanan dari *customer i*

*Q* : kapasitas total kendaraan

1. Variable Keputusan

(1)

(2)

1. Fungsi Tujuan :

(Untuk meminimalkan total jarak perjalanan)

1. Fungsi Pembatas:
   1. Didefinisikan bahwa jumlah kendaraan yang datang dan berangkat dari depot yang sama.
   2. Didefiniskan bahwa setiap pelanggan hanya dikunjungi tepat satu kali.
   3. Didefiniskan bahwa kendaraan yang tersedia dapat digunakan.
   4. Hubungan antara dua variable keputusan (x, y)
   5. Didefinisikan bahwa kapasitas kendaraan tidak terlampaui.

***Flower Pollination Algorithm* (FPA)**

*Flower Pollination Algorithm* merupakan algoritma yang ditemukan oleh (Xin She Yang, 2012), tetapi pengaplikasian algoritma ini masih sedikit digunakan dalam masalah optimasi. Bunga digunakan untuk reproduksi pada spesiesnya melalui proses penyerbukan (Kaur & Kumar, 2016). Algoritma *Flower Pollination* sangat cepat dalam melakukan komputasi dan merupakan pengembangan dari intelligent algorithm. Flower Pollination Algorithm merupakan salah satu algoritma metaheuristic yang dapat menggantikan metode klasik yang berkaitan dengan optimasi. Beberapa fenomena penyerbukan bunga adalah sebagai berikut:

1. Penyerbukan silang terjadi apabila serbuk sari jatuh dari bunga yang berasal dari tanaman yang berbeda. Penyerbukan ini mengikuti aturan dari *Levy distribution* dengan melompat atau terbang dengan jarak yang jauh. Hal ini dikenal dengan proses *global pollination*.
2. Penyerbukan sendiri terjadi apabila serbuk sari yang jatuh berasal dari bunga yang sama atau bunga yang lain dari tanaman yang sama. Proses ini dinamakan penyerbukan *local*.
3. *Flower constancy* adalah kumpulan penyerbuk dan tipe bunga. Hal ini merupakan suatu peningkatan dari proses penyerbukan bunga.
4. Local pollination dan global pollination dikontrol oleh suatu nilai antara 0 sampai 1 yang disebut switch probability (Kaur & Kumar, 2016).

Dua langkah yang digunakan dalam Algoritma Flower Pollination adalah sebagai berikut:

1. *Local* *Pollination* (Penyerbukan Lokal)

Local pollination (penyerbukan lokal) dilihat sebagai penyerbukan abiotik dan penyerbukan sendiri. Penyerbukan abiotik berarti transfer serbuk sari ke kepala putik yang tidak memerlukan organisme penyerbuk, tetapi hanya membutuhkan bantuan angin dan difusi air di dalam tanah. Di sisi lain, penyerbukan sendiri terjadi jika serbuk sari jatuh dari bunga yang berbeda tetapi berasal dari tanaman yang sama. Tahap *local pollination* dilakukan dengan menggunakan pendekatan kedua dan ketiga.

Secara matematis dapat digambarkan sebagai berikut:

(1)

Dimana,

: i (*flower)*, t (iterasi)

: i (*flower)*, t+1 (iterasi)

: Bilangan acak yang nyata dan terdistribusi seragam antara 0 dan 1

*j, k* : Indeks dua *flower* berbeda yang masih dalam satu *plant*

1. *Global Pollination* (Penyerbukan Global)

*Global pollination* (penyerbukan global) dilihat sebagai penyerbukan biotik dan penyerbukan silang. Penyerbukan biotik berarti bahwa transfer serbuk sari ke stigma dilakukan oleh organisme penyerbuk seperti lebah, kelelawar, burung dan lalat. Sedangkan penyerbukan silang terjadi ketika serbuk sari jatuh dari bunga dari tanaman yang berbeda, sehingga dalam proses *global pollination*, organisme penyerbuk dapat terbang dalam jarak jauh dan melakukan gerakan *L𝑒̀vy Flights* berdasarkan distribusi *L𝑒̀vy*. Proses ini dapat ditampilkan secara matematis sebagai berikut:

(2)

Dimana,

: i (*flower)*, t (iterasi)

: i (*flower)*, t+1 (iterasi)

: *Stepsize* atau jarak terbang yang didasarkan pada distribusi Lévy dengan > 0

: Parameter pada interval [1,2]

: *Best flower element* dalam iterasi ke-*t*

***Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA)**

*Flower Pollination Algorithm* ditemukan bekerja secara efisien karena global dan local search dikendalikan oleh *switching probability*. *Flower Pollination Algorithm* memiliki keunggulan dalam memecahkan masalah kompleks karena kedua proses ini terjadi secara acak *one by one,* sehingga memiliki beragam solusi. Namun, FPA juga memiliki beberapa kekurangan seperti tingkat konvergensi yang lambat dan presisi yang kurang baik, berdasarkan nilai switching probability yang dipilih terkadang menyebabkan FPA kehilangan arah dan menjauh dari solusi terbaik (Jiawen, Hao Luo, Tien Szu, Jeng Shyang, 2020). Berdasarkan kekurangan yang dimiliki FPA, maka pada *Improved Flower Pollination Algorithm* diperkenalkan *random jump perturbation operator* dalam fase *global pollination* yang meningkatkan kemampuan FPA *global search.* Menyeimbangkan tingkat (*degree*) *global pollination* adalah hal yang sangat penting. Oleh karena itu dibuatlah *random jump perturbation*, yang mana membuat partikel *random* *jump* ke titik yang ditentukan, dan mengontrol apakah hasil *random jump* tersebut ke titik yang ditentukan atau semakin menjauh dari titik. Keacakan dari *global pollination* ditingkatkan, dan memungkinkan *local pollination* juga ditingkatkan. Dibatasi hanya *one-step jump* untuk mencegah konvergensinya terlalu lambat (Jiawen, Hao Luo, Tien Szu, Jeng Shyang, 2020).

Formula dari *global pollination* yang disempurnakan adalah sebagai berikut:

(1)

Dimana,

: i (*flower)*, t (iterasi)

: i (*flower)*, t+1 (iterasi)

: *Stepsize* atau jarak terbang yang didasarkan pada distribusi Lévy dengan > 0

: Parameter pada interval [1,2]

: *Best flower element* dalam iterasi ke-*t*

α : Bilangan bulat acak [-1, 0, 1]

: *Random pollen*

Switching probability mengontrol rasio global pollination dan local pollination. Ketika switching probability lebih besar, global pollination dapat diperkuat, tetapi local pollination melemah. Ketika switching probability lebih kecil, situasinya terbalik. Untuk switching probability bisa dilakukan percobaan secara berkala dan mendapatkan hasil yang terbaik. Switching probability yang biasa digunakan adalah 0,25; 0,5; 0,8.

***Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA) untuk *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP)**

Dilakukan perhitungan menggunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm* terhadap permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Berikut langkah-langkah dari *Improved Flower Pollination Algorithm* untuk CVRP :

1. Menentukan fungsi tujuan f(𝑥), 𝑥 = (𝑥1, 𝑥2, …, 𝑥𝑛)𝑇 dengan inisialisasi parameter yang akan digunakan.
2. Menentukan populasi awal bunga dengan melakukan random pada interval [0, 1] sejumlah agen dan sebanyak jumlah bunga.
3. Menentukan fungsi tujuan (total jarak) dan rute awal dengan mengurutkan nilai agen dari nilai populasi awal bunga dan dilakukan untuk setiap bunga.
4. Menentukan solusi terbaik (𝑔\*) sementara.
5. Menentukan nilai pi dengan melakukan random pada interval (0, 1) sebanyak jumlah bunga.
6. Jika pi < p, maka menghitung bunga baru dengan global pollination. Jika pi > p, maka menghitung bunga baru dengan local pollination.
7. Memperoleh bunga baru dari hasil perhitungan dengan *global pollination* dan atau *local pollination*.
8. Menentukan rute baru dan fungsi tujuan dari hasil penyerbukan.
9. Memilih bunga terbaik yang memiliki hasil fungsi tujuan terkecil pada iterasi baru.
10. Mengulang perhitungan dari *step* 5 sampai *step* 9 sesuai dengan banyaknya iterasi.
11. Menentukan hasil rute dengan membandingkan hasil fungsi tujuan dari iterasi baru dengan iterasi sebelumnya untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

**HASIL DAN BAHASAN**

**Simulasi dan Perbandingan Hasil (1)**

Pada simulasi percobaan pencarian rute terbaik dan perhitungan total biaya dari distribusi, program akan menjalankan simulasi percobaan, dimana akan dilakukan pencarian rute optimal dari distrbusi beserta total biayanya menggunakan metode IFPA, metode FPA, dan perhitungan manual yang digunakan oleh perusahaan. Total data sampel agen yang digunakan adalah 30 data agen asli dari perusahaan. Digunakan 12 sampel agen penerima dan sampel tersebut penulis ambil secara acak dari total 30 agen yang tersedia di total data sampel aplikasi. Pada akhir simulasi, penulis akan melakukan perbandingan hasil antara metode IFPA, metode FPA dan perhitungan manual perusahaan, dengan membandingkan hasil *objective* function.Untuk pencarian dan perhitungan dengan metode IFPA dan FPA, penulis akan menggunakan parameter-parameter utama pada Tabel 1. Data yang digunakan untuk perhitungan total biaya distribusi metode IFPA dan FPA akan menggunakan detail pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1 : Parameter Utama

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Simulasi | *Stepsize* (*y*) | λ | *Switch Probability* (*p*) | Jumlah Bunga | Iterasi |
| 1 & 2 | 0,2 | 1,5 | 0,5 | 10 | 20 |

Tabel 2 : Detail *Fixed Cost* Perhitungan Total Biaya Simulasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Gaji Supir | Biaya Perawatan Kendaraan |
| *Fixed Cost* | Rp100.000,00 | Rp10.000,00 |
|  |  |  |

Tabel 3 : Detail *Variable Cost* Perhitungan Total Biaya Simulasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | BBM jenis *Pertalite* | Rasio BBM Gran Max Pick-up |
| *Variable Cost* | Rp7.650,00/liter | 11,6 km/liter |
|  |  |  |

Tabel 4 : Hasil perhitungan manual simulasi 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Running* ke- | Total Jarak | Total Biaya |
| 1 | 24,398 km | Rp185.000,00 |
| 2 | 27,873 km | Rp185.000,00 |
| 3 | 28,361 km | Rp185.000,00 |

Berdasarkan Tabel 2, seluruh biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan sudah ditetapkan biayanya tanpa mempertimbangkan jarak tempuh. Sehingga perusahaan tidak memiliki *variable cost* sebagai parameter untuk menghitung total biaya distribusinya. Kemudian, penyelesaian simulasi 1 dengan metode FPA, dilakukan dengan jumlah percobaan running aplikasi sebanyak 3 kali. Berdasarkan dengan parameter yang telah ditentukan pada Tabel 1. Terdapat bunga terbaik dan rute terbaik untuk setiap iterasi. Berikut merupakan hasil percobaan dengan perhitungan FPA pada Tabel 5 di bawah.

Tabel 5 : Hasil perhitungan menggunakan metode FPA simulasi 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Running* ke- | *x\_best*, Iterasi ke- | Total jarak | Total biaya |
| 1 | Bunga 4, Iterasi 20 | 21,131 km | Rp123.936,00 |
| 2 | Bunga 2, Iterasi 10 | 20,529 km | Rp123.539,00 |
| 3 | Bunga 2,  Iterasi 13. | 22,161 km | Rp124.615,00 |

Pada penyelesaian simulasi 1 dengan perhitungan menggunakan metode IFPA, dilakukan dengan jumlah percobaan *running* aplikasi sebanyak 3 kali. Berdasarkan dengan parameter yang telah ditentukan pada Tabel 1. Terdapat bunga terbaik dan rute terbaik untuk setiap iterasi. Berikut merupakan hasil percobaan dengan perhitungan IFPA pada Tabel 6 di bawah.

Tabel 6 : Hasil perhitungan menggunakan metode IFPA simulasi 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Running* ke- | *x\_best*, Iterasi ke- | Total jarak | Total biaya |
| 1 | Bunga 10, Iterasi 18 | 20,157 km | Rp123.293,00 |
| 2 | Bunga 10, Iterasi 2 | 19,356 km | Rp122.765,00 |
| 3 | Bunga 10,  Iterasi 20. | 20,753 km | Rp123.568,00 |

Hasil terbaik untuk perhitungan manual ada pada hasil *running* 1 dengan total jarak yaitu 24,398 km dengan biaya Rp185.000,00. Kemudian hasil terbaik pada simulasi 2 untuk metode FPA ada pada hasil *running* 2 dengan total jarak yaitu 20,529 km dengan biaya Rp123.539,00. Maka hasil terbaik pada simulasi 2 adalah dengan menggunakan metode IFPA, yaitu hasil *running* 2 dengan total jarak yaitu 19,356 km dengan biaya sebesar Rp122.765,00. Akan dihitung *error* pada perhitungan total jarak yang dihasilkan oleh ketiga *running* IFPA dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 7 : *Mean Absolute Error* IFPA Simulasi 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Running | Total jarak *google maps*  () | Total jarak aplikasi () |  |
| 1 | 21 km | 20,157 km | 0,0401 |
| 2 | 20 km | 19,356 km | 0,0322 |
| 3 | 21,5 km | 20,753 km | 0,0347 |
| Total | | | 0,107 |

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) =

Pada perbandingan hasil, penulis akan melakukan perbandingan dari hasil solusi yang didapat antara solusi IFPA, FPA dan perhitungan manual perusahaan. Grafik komparasi total jarak dan total biaya yang dihasilkan antara *running* 1, 2, dan 3 dengan metode IFPA, metode FPA, dan perhitungan manual pada simulasi 1 dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Chart, bar chart

Description automatically generated

Chart, bar chart

Description automatically generatedGambar 1 : Perbandingan Total Jarak dengan Metode IFPA, Metode FPA dan Perhitungan Manual Perusahaan

Gambar 2 : Perbandingan Total Biaya dengan Metode IFPA dan Perhitungan Manual Perusahaan

Tabel 8 di bawah merupakan perbandingan hasil antara metode IFPA, metode FPA, dan perhitungan manual, data pada Tabel 8 diambil melalui rata-rata dari hasil *running* aplikasi 1, 2, dan 3.

Tabel 8 : Perbandingan Hasil Simulasi 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Jenis Pencarian | Total Jarak (Km) | Total Biaya (Rp) |
| Perusahaan | 26,877 km | Rp185.000,00 |
| *Flower Pollination Algorithm* (FPA) | 21,274 km | Rp124.030,00 |
| *Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA) | 20,089 km | Rp123.209,00 |

Bila total jarak yang dihasilkan antara metode IFPA, metode FPA dan perhitungan manual Perusahaan dibandingkan, maka hasil yang didapakan oleh IFPA memiliki hasil yang lebih baik, yaitu dengan hasil totak jarak 20,089 km. Selisih dengan total jarak hasil metode FPA adalah sebesar 1,158 km lebih pendek, sedangkan selisih dengan total dari hasil lintasan rute Perusahaan adalah 6,788 km lebih pendek. Dari segi total jarak, kualitas hasil solusi yang didapatkan oleh algoritma FPA memang lebih rendah dibandingkan dengan IFPA. Namun, kualitas dari hasil FPA masih memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan total jarak data Perusahaan. Jika total biaya yang dihasilkan antara IFPA, FPA dan pencarian manual Perusahaan dibandingkan, maka hasil yang didapatkan oleh IFPA memiliki hasil yang lebih baik, yaitu Rp123.209,00. Total biaya berbanding lurus terhadap total jarak, semakin pendek total jarak yang dihasilkan maka semakin rendah juga total biaya yang dikeluarkan. Karena total jarak dari hasil solusi lintasan berpengaruh terhadap nilai dari *variable cost*, yaitu biaya pengeluaran bensin. Selisih dengan total biaya dari metode FPA adalah Rp821,00 dan perhitungan manual Perusahaan adalah Rp61.791,00. Total biaya dari solusi algoritma FPA memang lebih tinggi dari IFPA, namun hasil solusi dari algoritma FPA masih lebih baik jika dibandingkan dengan hasil data Perusahaan.

Pada metode FPA terdapat beberapa kekurangan seperti tingkat konvergensi yang lambat dan presisi yang kurang baik, berdasarkan nilai *switching probability* yang dipilih terkadang menyebabkan FPA kehilangan arah dan menjauh dari solusi terbaik. Kecepatan pemrosesan IFPA dari awal algoritma sampai menghasilkan solusi akhir tergantung kepada parameter-parameter yang telah ditentukan di awal. Semakin besar nilai yang ditentukan, maka aplikasi akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menghasilkan solusi akhir, namun hal tersebut juga dapat berpengaruh terhadap kualitas dari solusi akhir yang dihasilkan oleh IFPA, karena semakin banyak percobaan yang dapat dilakukan, maka besar kemungkinan juga solusi terbaik pada *problem set* tersebut dapat ditemukan.

**Simulasi dan Perbandingan Hasil (2)**

Pada simulasi kedua, digunakan 10 sampel agen penerima dan sampel tersebut penulis ambil secara acak dari total 30 agen yang tersedia di total data sampel aplikasi. Untuk simulasi 3, penulis melakukan perbandingan dengan menggunakan parameter. Parameter yang akan dibandingkan dalam simulasi 3 adalah *switch probability*, jumlah bunga dan maksimum iterasi. Maksimum iterasi yang digunakan adalah 10, 15 dan 20. *Switch probability* yang digunakan adalah 0.25, 0.5, dan 0.8. Jumlah bunga yang digunakan adalah 5 dan 10. *Stepsize* yang digunakan adalah 0,2 dan λ yang digunakan adalah 1,5. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Hasil Percobaan Simulasi 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Maksimum Iterasi | Jumlah Bunga | *Switch Probability* (*p*) | | |
| 0,25 | 0,50 | 0,80 |
| 10 | 5 | 19,213 | 19,522 | 20,328 |
| 10 | 18,716 | 19,069 | 20,179 |
| 15 | 5 | 18,134 | 18,241 | 19,444 |
| 10 | 18,106 | 17,776 | 19,023 |
| 20 | 5 | 17,540 | 17,129 | 18,864 |
| 10 | 17,452 | 16,252 | 18,374 |

Dari hasil simulasi 2 menunjukkan bahwa fungsi tujuan terbaik dari 10 agen adalah 16,252 Km. Jika dilihat dari Tabel 1, dapat disimpukan bahwa semakin banyak jumlah bunga semakin baik kualitas objektif. Semakin tingi jumlah iterasi semakin baik kualitas fungsi tujuan. Sedangkan semakin besar switch probability, tidak menjamin menghasilkan kualitas solusi yang lebih baik. Perlu adanya penyesuaian nilai dari switch probability agar mendapatkan hasil yang terbaik. Berikut merupakan grafik komparasi total jarak rute yang dihasilkan untuk setiap switch probability 0.25, 0.5, dan 0,8 menggunakan metode IFPA pada simulasi 2 dengan maksimum iterasi adalah 10, 15, dan 20. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

Chart, bar chart

Description automatically generated

Gambar 1 : Grafik fungsi tujuan dengan maksimum iterasi adalah 10

Chart, bar chart

Description automatically generated

Gambar 2 : Grafik fungsi tujuan dengan maksimum iterasi adalah 15

Chart, bar chart

Description automatically generated

Gambar 3 : Grafik fungsi tujuan dengan maksimum iterasi adalah 20­­

Dari hasil grafik fungsi tujuan untuk 10 iterasi menujukkan bahwa, total jarak terkecil adalah 18,716 km dengan jumlah bunga adalah 10 dan *switch probability* adalah 0,25. Hasil grafik fungsi tujuan untuk 15 iterasi menunjukkan bahwa, total jarak terkecil adalah 17,776 km dengan jumlah bunga adalah 10 dan *switch probability* adalah 0,5. Hasil grafik fungsi tujuan untuk 20 iterasi menunjukkan bahwa, total jarak terkecil adalah 16,252 km dengan jumlah bunga adalah 10 dan *switch probability* adalah 0,5.

**SIMPULAN DAN SARAN**

**Simpulan**

Setelah pembuatan program dan melakukan analisis dari hasil yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, optimalisasi menggunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA) dalam menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* memperoleh hasil yang lebih optimal untuk total jarak dan total biaya dibandingkan dengan metode *Flower Pollination Algorithm* (FPA) dan perhitungan manual perusahaan. Pada simulasi 1 dan simulasi 2 metode IFPA adalah rute lintasan terpendek, dengan total jarak 17,391 km, total biaya sebesar Rp. 121.469,00, dan error perhitungan adalah 2,292%. Kemudian, hasil simulasi 2 diperoleh total jarak 19,356 km, total biaya sebesar Rp.122.765,00, dan error perhitungan 3,567%.
2. Pengembangan aplikasi rute pendistribusian galon air mineral dilakukan dengan menggunakan metode *Improved Flower Pollination Algorithm* (IFPA) dan bahasa pemograman PHP, CSS, Javascript. Pencarian rute terpendek dilakukan 3 kali simulasi menggunakan problem set berdasarkan data agen sebenernya di perusahaan. Jumlah problem set pada simulasi 1, 2, dan 3 adalah 8 agen, 12 agen, dan 10 agen yang diambil secara random. Simulasi 1 dan 2 menghitung perbandingan hasil solusi, fungsi tujuan, dan total biaya dari metode IFPA, metode FPA dan perhitungan manual perusahaan dari 3 kali running. Sedangkan simulasi 3, merupakan perbandingan parameter-parameter dari metode IFPA.
3. Pada simulasi 3 menunjukkan bahwa menggunakan parameter yang berbeda menunjukkan hasil dari berbagai nilai fungsi tujuan. Hasil fungsi tujuan dengan nilai terkecil yaitu 16,252 km dengan parameter *switch probability* adalah 0,25, maksimum iterasi 20 dan jumlah bunga 10. Semakin tinggi jumlah bunga dan jumlah iterasi berpengaruh terhadap kualitas nilai fungsi tujuan yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah bunga dan jumlah iterasi maksimum semakin baik untuk menghasilkan kualitas dari total jarak. Total jarak berbanding lurus dengan total biaya, jika total jarak yang dihasilkan kecil maka total biaya akan rendah. Sedangkan untuk *switch probability* dilakukan percobaan secara berkala agar mendapatkan fungsi tujuan yang terbaik.
4. Aplikasi berbasis web telah dirancang sesuai dengan user requirement awal dan dapat menyelesaikan permasalahan pendistribusian galon air mineral pada perusahaan. Berdasarkan evaluasi pengguna (*user*) yang dilakukan, aplikasi dinilai cukup memuaskan dan dapat membantu perusahaan untuk mengatasi masalah pembiayaan proses distribusi. Program aplikasi optimasi distribusi dapat membantu dalam penentuan rute perjalanan pengiriman barang yang efisien sehingga didapatkan total biaya distribusi seminimal mungkin. Aplikasi dapat dioperasikan dengan mudah oleh user dan menguntungkan perusahaan dalam pemilihan rute pendistribusian dan biaya distribusi, sehingga digunakan secara langsung di lapangan.

**Saran**

Berdasarkan hasil pengujian dan teori-teori yang telah dibahas sebelumnya, maka ada beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan aplikasi dan penelitian lebih lanjut, diantaranya sebagai berikut:

1. Bobot yang digunakan pada masing-masing rute dalam menghubungkan antar lokasi untuk mempertimbangkan parameter-parameter lain selain jarak, seperti kepadatan lalu lintas, kondisi jalan, dan lain sebagainya.
2. Mengurangi waktu runtime aplikasi saat mencari rute distribusi, tanpa mengubah rute dan jarak yang digunakan. Rute dan jarak yang digunakan sudah mempresentasikan jalan sesungguhnya sesuai dengan *google maps.*
3. Menampilkan estimasi waktu tempuh yang dibutuhkan pada rute lintasan yang dihasilkan.

**REFERENSI**

Ade, R. N. (2017). Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle.

Akhand, Z. T. (2017). Solving Capacitated Vehicle Routing Problem Using Variant Sweep and Swarm Intelligence. *Journal of Applied Science and Engineering*.

Amna, M. A. (2016). Industri Air Minum Kemasan Indonesia Bisa Jadi yang Terbesar di ASEAN.

Chandra, A., & Setiawan, B. (2018). Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP).

Cheng, M. Y. (2016). A Hybrid Harmony Search Algorithm for Discrete Sizing Optimization of Truss Structure. *Automation in Construction*.

Connolly, T. &. (2015). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management (Sixth Edition).* England: Pearson Education Limited.

Connolly, T. &. (2015). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management (Sixth Edition).* England: Pearson Education Limited.

Daniel, Johan, & Anggraeni, R. (2019). PENERAPAN ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION UNTUK PENYELESAIAN PERMASALAHAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM.

Dumairy. (2012). *Matematika Terapan Untuk Bisnis Dan Ekonomi.* Yogyakarta: BFFE.

Haikal, N. (2019). *Penerapan Flower Pollination Algorithm (FPA) untuk menyelesaikan Multi-Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP).*

Hannan, A. B. (2017). Capacitated Vehicle Routing Problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO Algorithm. *Waste Management*.

Hatmoko, A. (2019). *Aplikasi Berbasis Website .*

Hiller, F. S. (2010). Introduction to Operation Research.

Hwshiep (Hu, W. (2019). An improved flower pollination algorithm for optimization of intelligent logistics distribution center.

Ismi, A. E. (2021). Flower Pollination Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows.

Kartika, W., Sari, R., & Hernawati, K. (2015). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat.

Kaur, R. &. (2016). An Approach for Selecting Optimum Number of Base Stations and Optimizing Site Locations using Flower Pollination Algorithm. *International Journal of Computer Application*.

Meena, K., & Sivakumar, R. (2015). *Human Computer Interaction.* Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.

Meloni, J. C. (2012). *Sams Teach Yourself HTML, CSS and JavaScript.* Indiana: Pearson Education, Inc.

DAN UKURAN PENAMPANG DESAIN STRUKTUR RANGKA BATANG.

Pressman. (2010). *Software Engineering : a practitioner’s approach,.* New York: McGraw-Hill.

R. J. Kuo, F. E. (2017). Hybrid Genetic Ant Colony Optimization Algorithm for Capacitated Vehicle. *Industrial Engineering and Applications* .

Richard, B. (2018). *PHP, MySQL, & JavaScript All-in-One For Dummies.* wiley.

Rofiq, A. M. (2016). Optimalisasi Distribusi Lpg 3 Kg Menggunakan Metode Linear Programming Pada PT Suka Damai Abadi Jember.

Rusdiana. (2014). *Manajemen Operasi.* Bandung: CV. Pustaka Setia.

Satzinger, J. W. (2012). *Systems Analysis And Design In A Changing World.* Boston: Cengage Learning.

Scheduling, I. F. (2015). Hari Mohan, Panigrahi, and Manjaree Pandit. *Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing*.

Setiyani, L. (2018). *REKAYASA PERANGKAT LUNAK [Software Engineering].* Karawang: Jatayu Catra Internusa.

Shneiderman, & Plaisant. (2010). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction.* India: Pearson Education India.

Shneiderman, B. P. (2017). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (Sixth Edition).*

Simarmata, J. (2009). Rekayasa Perangkat Lunak .

Supranto, J. (2013). *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan.* Jakarta: Grafindo.

SUWANNARONGSRI, S. (2020). *Solving Multiple Vehicle Routing Problems with Time Constraints by Flower Pollination Algorithm Optimization .*

Taneo, & Daniel. (2019). Teori Graf.

Vallabhaneni, S. R. (2015). *Wiley Ciaexcel Exam Review 2016 Test Bank.*

Waluyo. (2008). *Ilmu Pengetahuan Sosial.* Gramedia.

Winardi. (1996). Perilaku Organisasi (Organizational Behaviour). 363.

Xiao-Xu Ma, J.-S. W. (2018). An Improved Flower Pollination Algorithm to Solve Optimization Problem.

Xiao-Xu Ma, J.-S. W. (2018). Xiao-Xu Ma, Jie-Sheng Wang. *An Improved Flower Pollination Algorithm to Solve Optimization Problem*.

Xu, S., Wang, Y., & Huang, F. (2017). *Optimization of multi-pass turning parameters through an improved flower pollination algorithm.*

Yang, X.-S. (2012). Flower Pollination Algorithm for Global Optimization. *Unconventional Computing and Natural Computation*, 240-249.

Yuliana. (2011). PELABELAN TOTAL SISI AJAIB GRAF HASIL KALI KARTESIUS.

Zhuang, J., Luo, H., Pan, T.-S., & Pan, J.-S. (2020). Improved Flower Pollination Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem.

**RIWAYAT PENULIS**

Salma Lailatul Alifah lahir di Sidoarjo pada 08 Agustus 1999. Penulis menamatkan pendidikan S1 di Universitas Bina Nusantara dalam bidang Teknik Informatika dan Matematika pada 2022. Penulis telah melakukan magang sebagai Data Science di PT. Global Digital Niaga. Penulis aktif di HIMMAT sebagai staff PRI (Public Relation and Information).