

IMPLEMENTASI ALGORITMA BWAS PADA APLIKASI SISTEM INFORMASI TRANSPORTASI UNTUK PERENCANAAN DISTRIBUSI YANG OPTIMAL

Ary Arvianto^{1*}, Singgih Saptadi¹, Prasetyo Adi W²
Program Studi Teknik Industri, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang, Semarang
^{1*}Email : aryarvi@yahoo.com,

Abstrak

Transportasi merupakan aktivitas logistik yang paling penting dan memberikan nilai kontribusi yang sangat besar dalam struktur biaya produk yang muncul. Perusahaan harus mengoptimalkan transportasi dengan menggunakan cara yang rasional dan efektif, dan permasalahan-permasalahan yang muncul biasanya berkenaan dengan permasalahan kebijakan transportasi yaitu jumlah kendaraan dan rute yang dibutuhkan dalam distribusinya, sehingga pada dasarnya hal tersebut merupakan isu penting khususnya didalam perencanaan transportasi dan distribusi. Dalam penelitian ini peneliti mencoba menerapkan algoritma Best-Worst Ant System (BWAS) dan di implementasikan dalam aplikasi komputer. Hal lain yang ingin dilihat dari penerapan pendekatan ini adalah untuk mengetahui kemampooterapan algoritma dan aplikasi terhadap kebutuhan karakteristik sistem kajian yaitu single product and time windows, jenis kendaraan homogen, multi trips delivery system. Dari hasil analisis penggunaan pendekatan BWAS, selain digunakan untuk menyelesaikan Vehicle Routing Problem (VRP) juga digunakan untuk melihat kemungkinan penerapan untuk karakteristik sistem lanjutan yang lebih kompleks. Pada percobaan awal, dari hasil penerapan algoritma BWAS dengan sample data perusahaan roti, diperoleh konfigurasi jalur rute terbaik sebanyak 20 rute dengan leadtime 3 hari. Sehingga, jumlah optimal kendaraan yang dibutuhkan adalah sebanyak 7 buah kendaraan. Sedangkan sistem saat ini menggunakan 10 kendaraan. Pengujian lanjutan menemukan bahwa penerapan BWAS pada beberapa data lapangan pada kasus perusahaan minuman botol diperoleh hasil bahwa algoritma mempunyai keterbatasan dalam menangani sistem transportasi dan distribusi sistem produk tunggal yaitu jika terdapat keadaan dimana kapasitas kendaraan lebih kecil dari demand terbesar dari retail-retail yang ada pada situasi riilnya, termasuk keterbatasan perencanaan pengiriman yang maksimum hanya bisa 3 hari.

Kata kunci : Rute, VRP, Algoritma BWAS, Nearest Neighbor, Transportasi

1. PENDAHULUAN

Dalam melakukan pengiriman barang perusahaan harus mampu menentukan konfigurasi jalur distribusi dengan tepat supaya pengiriman menjadi cepat dan tidak memakan biaya yang banyak. Penentuan konfigurasi ini harus mempertimbangkan strategi distribusi yang sesuai dengan karakteristik perusahaan. Banyak penelitian yang membahas mengenai permasalahan distribusi dan transportasi produk. Penelitian tersebut dilakukan untuk menentukan kebijakan pengiriman produk yang optimal.

Model VRP telah banyak dikembangkan, baik dari yang sederhana hingga multi criteria, seperti halnya dengan VRP dengan multi produk (MPC), *multi time windows* (MT) dan lain sebagainya. Seperti halnya Suprayogi (2003) yang melakukan penembangan model dengan Sequential Insertion untuk permasalahan VRP *Multiple trip and time windows*. Komara (2006) dalam penelitiannya berusaha menyelesaikan permasalahan VRP dengan varian baru yaitu VRP penggabungan varian MPC, dan *Split Delivery*. Sedangkan pada Arvianto (2009), juga telah dikembangkan model VRP untuk transportasi laut dengan mengembangkan model yang mempertimbangkan kriteria *multiple time window*. Classen (2006) juga sudah mencoba mengurai tentang permasalahan VRP dengan menggunakan *A Sequential Insertion Heuristic* untuk mengatasi *Constrained Vehicle Routing Problem*. Beberapa juga telah dilakukan mengenai penentuan kebijakan jalur distribusi dari vendor ke retailer menggunakan model *Inventory Routing Problem* oleh Nurul Setyani pada tahun 2007 dan *Ant Colony System* (ACS) oleh Ika Estyrahayu Kurniasari pada tahun 2009. Kemudian dengan pendekatan lain *Best-Worst Ant System* (BWAS)

oleh Bagus Al Farazi pada tahun 2009 yang diselesaikan dengan menterjemahkan algoritma dengan tool perhitungan *matlab* yang tentunya tidak semua orang bisa melakukannya, artinya kemunculan kasus riil baru tentunya masih menyulitkan jika masih dalam bentuk algoritma tersebut. Beberapa implementasi dari penelitian terdahulu masih sangat minim akan implementasi untuk membuat model terjemahan aplikasinya. Dalam suatu penelitian tentunya diharapkan mampu memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya karena di dalam penyelesaian suatu kasus optimasi umumnya bersifat heuristik.

Bagi peneliti merupakan hal menarik bahwa untuk kasus yang relatif sederhana seperti kasus VRP *single* produk tetapi dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan riil seperti banyaknya agen yang harus mendapatkan layanan distribusi dengan baik dan cepat. Penelitian ini mencoba menggunakan pendekatan pengembangan dari *Ant Colony* yaitu BWAS untuk mendapatkan informasi dan performansi sebaik mungkin tentang hasil perhitungan yang optimum terutama dengan waktu perhitungan yang relatif singkat. Sebagai bagian penting dari penelitian ini, juga akan dianalisis kemampuan algoritma dan keterbatasan algoritma dalam menangani berbagai variasi permasalahan yang ada di sistem nyatanya.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, peneliti mencoba membuat sebuah pendekatan baru dimana cakupan distribusinya secara geografis meliputi darat dengan menggunakan map sesuai kondisi daerah masing-masing, dengan menggunakan Algoritma *Best-Worst Ant System* (BWAS) yang diaplikasikan untuk pendistribusian *single* produk. Kriteria yang digunakan pada penelitian ini yaitu homogeny, *single* produk dengan konstrain kapasitas kendaraan.

Nearest Neighbor Alghoritm

Nearest neighbor adalah suatu algoritma berfungsi sebagai *clustering* atau pengelompokan untuk permasalahan TSP skala besar. *Nearest neighbor* merupakan teknik *clustering* yang menggunakan metode pencarian titik terdekat dengan memperhitungkan jarak dan titik sentral atau *superpoint*. *Superpoint* yang dinotasikan dengan lambang S dapat diketahui dengan menggunakan rumus $((x_1 + \dots + x_n)/n, (y_1 + \dots + y_n)/n)$ dan jarak yang dinotasikan dengan d dapat diketahui dengan menggunakan rumus $d_{ij} = \left[(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \right]^{1/2}$. Aturan terpenting dari *nearest neighbor* adalah jika jarak antara *superpoint* dengan titik terdekatnya lebih dekat daripada jarak antara titik yang sudah terpilih ke titik yang akan dipilih selanjutnya, maka kita akan memilih titik yang lebih dekat dengan *superpoint*. Dengan kata lain titik yang terdekatlah yang dipilih.

Best-Worst Ant System (BWAS)

Model algoritma *Best-Worst Ant System (BWAS)* merupakan model pengembangan dari model-model *Ant Colony Optimization* sebelumnya. Dalam *Best-Worst Ant System (BWAS)* langkah-langkahnya sama seperti dalam *Ant System* hanya saja terdapat modifikasi yaitu penggabungan tiga algoritma *Ant Colony System (ACS)*, *Max-Min Ant System (MMAS)*, dan *Population Based Incremental Learning (PBIL)*.

Penentuan positif dan negatif *update* untuk solusi terbaik dan solusi buruk, seperti dalam PBIL hal ini dilakukan untuk mendapatkan solusi yang terbaik dan membuang solusi yang buruk. Untuk melakukan hal ini BWAS mengaplikasikan *local search procedure* untuk masing-masing solusi yang telah dihasilkan oleh tiap semut, dan *offline updates* untuk jejak feromon menggunakan aturan yang dipakai dalam *Ant Colony System* :

$$\tau_{rs} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{rs} + \Delta\tau_{rs} \text{ dimana}$$

$$\Delta\tau_{rs} = \begin{cases} f(C(S_{\text{global-best}})), & \text{if } (r,s) \in S_{\text{global-best}} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Setelah itu untuk jalur yang tidak menjadi solusi terbaik pada iterasi saat itu kita *update* dengan $S_{\text{current-worst}}$, yaitu pengurangan nilai feromon dengan menggunakan parameter tingkat evaporasi yang diformulasikan sebagai berikut:

$$\forall (r,s) \in S_{\text{current-worst}} \text{ dan } (r,s) \notin S_{\text{global-best}}, \tau_{rs} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{rs}$$

2.1 Pembangunan Model dan Analisis Algoritma

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a) Data nama retailer, demand rate, dan lokasinya.
- b) Peta posisi retailer
- c) Data koordinat Retailer
- d) Data waktu Service

Model matematis yang digunakan dalam penelitian ini merupakan model matematis untuk VRP yang telah disesuaikan dengan tujuan penelitian. Perumusan model matematis VRP dinotasikan sebagai berikut :

i = Titik Awal

j = Titik Tujuan

k = Kendaraan yang dipakai

v = Kecepatan kendaraan

N = Jumlah *Customer* (0 : *Vendor*, 1, 2, 3, ... : *customer* yang dikunjungi)

C = Kapasitas Kendaraan

D = Deadline Pengiriman

d_{ij} = Jarak antara titik i dan j

x_{ijk} = Variabel yang menunjukkan kendaraan k langsung dari titik i ke titik j

d_i = Demand tiap *customer*

t_{ij} = Travelling time dari titik i ke titik $j = \frac{d_{ij}}{v}$

s_j = *Service time* di titik j

Objective Function :

$$Min \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{j=0}^{N+1} d_{ij} x_{ijk}$$

Subject to :

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} x_{ijk} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, N; \tag{1}$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, N; \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^N d_i \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} \leq v_k; \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \tag{3}$$

$$C - \sum_{i=1}^N d_i \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} \leq 0; \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \tag{4}$$

$$\sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} = 1; \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \tag{5}$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{ihk} - \sum_{j=0}^{N+1} x_{hjk} = 0 \quad h = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, 3, \dots, K \tag{6}$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{i,N+1,k} = 1; \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \tag{7}$$

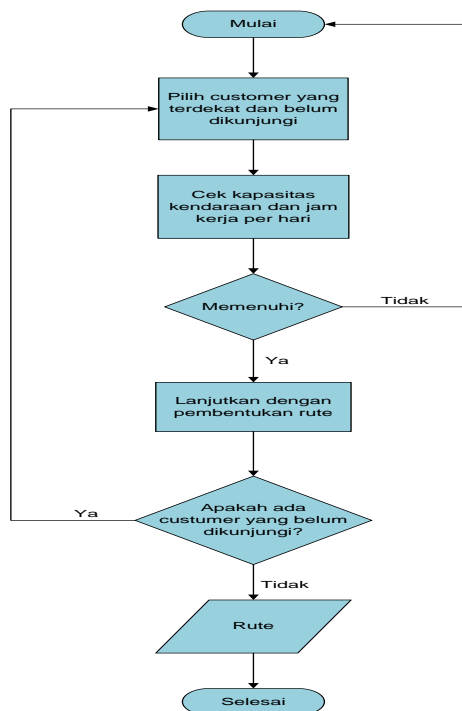
$$\left(\sum_{k=1}^K t_{ij} + s_j\right) \leq D; \quad i = 1,2,3, \dots, N + 1, \quad j = 1,2,3 \dots N \tag{8}$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}; \quad i = 1, \dots, N + 1; \quad k = 1,2,3, \dots, K \tag{9}$$

Fungsi tujuan dari model VRP diatas adalah untuk meminimalkan total jarak tempuh sehingga dapat digunakan untuk menentukan jumlah kendaraan yang digunakan, Pada batasan (1) dan (2) menunjukkan bahwa hanya ada 1 kendaraan yang melayani tiap-tiap titik yang dikunjunginya. Batasan (3) membatasi bahwa jumlah *demand* tidak boleh melebihi kapasitas angkut kendaraan. Batasan (4) menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan akan terus berkurang seiring dengan pelayanan terhadap *customer*. Batasan (5) memastikan kendaraan berangkat dari *vendor*. Batasan (6) dan (7) menunjukkan bahwa setelah melayani pelanggan, kendaraan tersebut akan pergi, serta pada akhirnya kendaraan tersebut berada pada vertex N+1. Batasan (8) menunjukkan bahwa total waktu perjalanan antar *customer* ditambah waktu pelayanan ke titik yang akan dituju tidak boleh melebihi *deadline*. Terakhir, batasan (9) menunjukkan bahwa x_{ijk} bernilai 1 jika kendaraan k dari titik i ke j dan 0 jika sebaliknya.

2.2 Algoritma Penyelesaian

Tahap inisialisasi merupakan tahap untuk mencari solusi awal. Metode yang digunakan untuk inisialisasi adalah *Nearest Neighbor*. Pada gambar 1 menunjukkan algoritma penggunaan metode *Nearest Neighbor* untuk insialisasi.



Gambar 1. Flowchart Penggunaan *Nearest Neighbor*

2.3 Pengembangan Algoritma *Best-Worst Ant System (BWAS)*

Langkah 1 : Inisialisasi harga parameter algoritma

Dalam algoritma BWAS ada beberapa parameter yang harus ditentukan nilainya terlebih dahulu. Nilai-nilai dari parameter tersebut dipilih yang paling optimal, dimana peneliti menggunakan acuan yang terdapat dari tinjauan pustaka

Langkah 2 : Penentuan titik pertama

Perjalanan kendaraan selalu berawal dari titik (0,0).

Langkah 3 : Penyusunan rute kunjungan setiap semut ke setiap titik

Untuk pemilihan titik berikutnya dilakukan aturan transisi, yaitu dilakukan perhitungan *temporary* (i,j) berdasarkan persamaan (5) dan nilai probabilitas berdasarkan persamaan (6). Berikut ini adalah perhitungannya.

$$Temporary (i,j) = [\tau_{ij}(t)]. [\eta_{ij}]^\beta$$

$$p_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)].[\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{U \in J_t^k} [\tau_{ij}(t)].[\eta_{ij}]^\beta}, \text{ untuk } j \text{ anggota dari tabu.}$$

$$p_{0,1}^1(1) = \frac{[\tau_{0,ss}(0)].[\eta_{0,ss}]^\beta}{\sum_{U \in J_t^k} [\tau_{ij}(t)].[\eta_{ij}]^\beta}$$

Langkah 4 :Pembaharuan feromon lokal τ_{ij}

Pembaharuan feromon lokal ini berlaku untuk semua jalur. Perhitungan feromon lokal dilakukan ketika salesman berpindah dari titik satu ke titik lainnya. Nilai dari perhitungan feromon lokal ini didapatkan dengan menggunakan rumus persamaan (9)., yaitu :

$$\tau_{ij}(t) \leftarrow (1 - \rho). \tau_{ij}(t - 1) + \rho. \tau_0$$

dengan

$$\tau_0 = (n.L_{mn})^{-1}$$

Langkah 5 : Membagi Solusi Sesuai Constraint

Setelah menerapkan aturan transisi dan melakukan perhitungan feromone lokal maka langkah selanjutnya adalah membagi solusi yang ada sesuai dengan batasan (*constraint*) yang telah ditetapkan yaitu kapasitas kendaraan. Apakah prosentase jumlah jalur baru lebih dari *specific presentase*? Jika ya lanjutkan ke langkah 6, jika tidak kembali ke langkah1.

Langkah 6 : Pembaharuan Feromon Global

Untuk aturan pembaharuan feromon global, hanya ruas-ruas yang terdapat didalam rute terbaik yang diijinkan untuk menambahkan jumlah feromon. Aturan pembaharuan feromon global ini menggunakan rumus persamaan (7), yaitu :

$$\tau_{ij}(t) \leftarrow (1 - \alpha). \tau_{ij}(t) + \alpha. \Delta\tau_{ij}(t) \quad ,$$

dengan $\Delta\tau_{ij}(t) = 1/L^+$

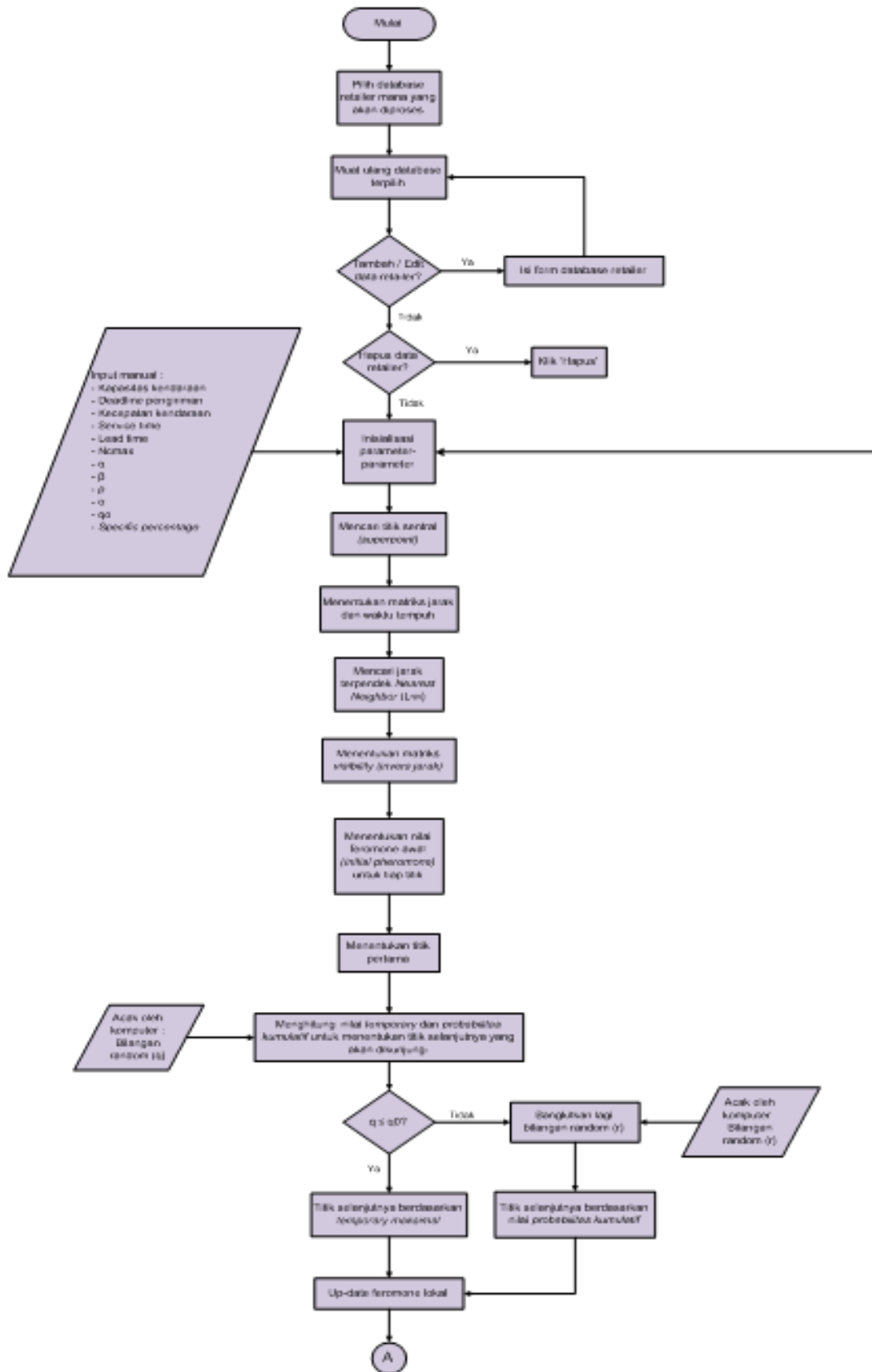
Langkah 7 : Mutasi Nilai Feromon.

Langkah terakhir dalam BWAS adalah mutasi nilai feromon yang bertujuan memperbesar kemungkinan terjadinya eksplorasi. Mutasi ini bisa mengurangi atau menambah nilai feromon. Tiap ruas memiliki nilai *a*, dimana *a* ini bersifat random yaitu 0 dan 1. Hal ini mengikuti aturan persamaan 16, dimana jika nilai *a* = 0 berarti nilai feromon akan ditambah nilai mutasi sedangkan jika *a* = 1 maka nilai feromon akan dikurangi nilai mutasi. Nilai mutasinya sendiri mengikuti aturan persamaan 18. Sebelum mengetahui nilai mutasinya kita harus menghitung nilai $\tau_{threshold}$ dengan mengikuti aturan persamaan 17, yaitu sebagai berikut.

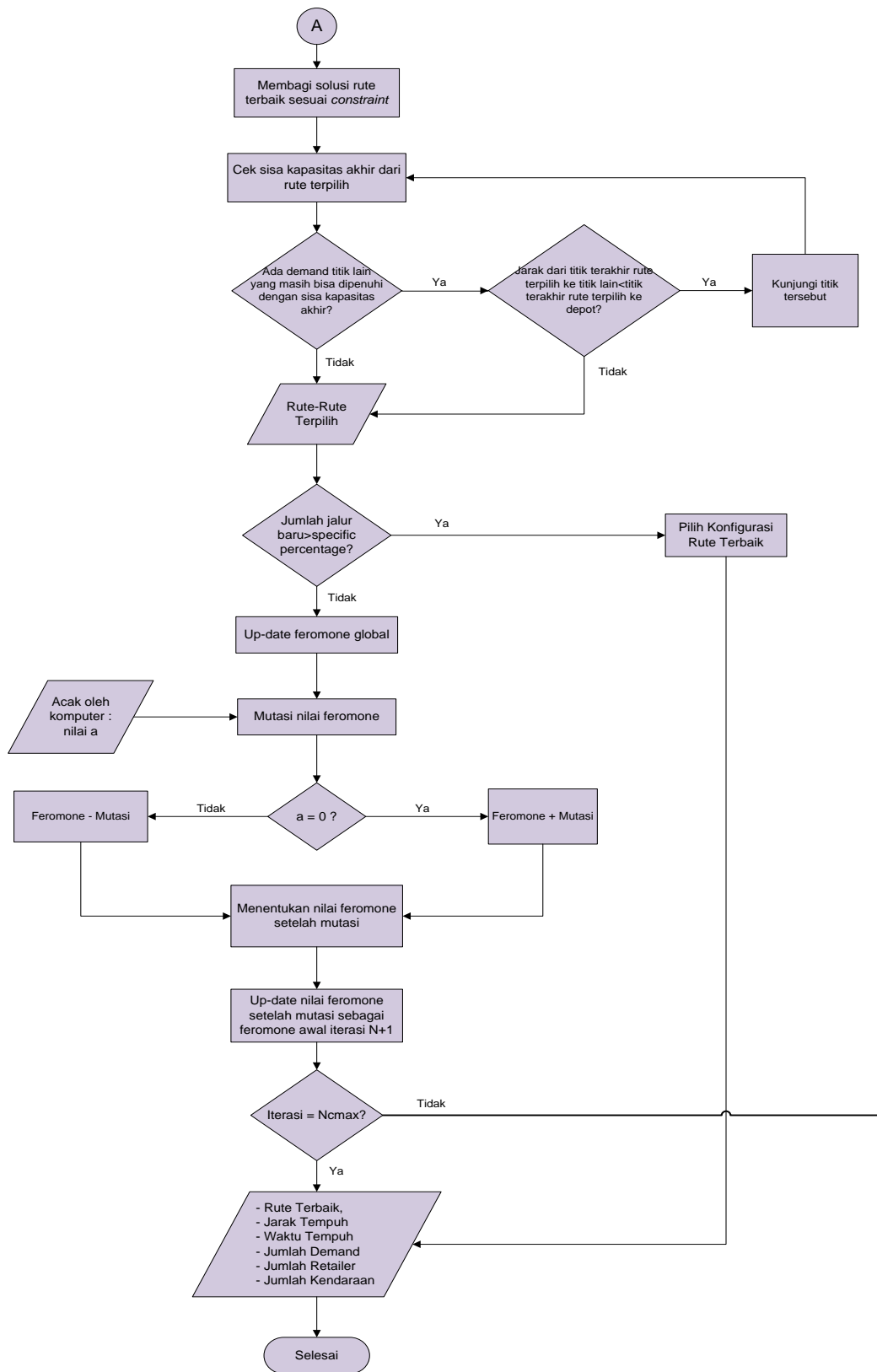
$$\tau_{threshold} = \frac{\sum (r, s) \in S_{global-best} \tau_{rs}}{|S_{global-best}|}$$

Setelah mendapatkan nilai $\tau_{threshold}$, maka kita akan mendapatkan nilai mutasinya dengan menggunakan persamaan 18, yaitu sebagi berikut.

$$mut(it, \tau_{threshold}) = \frac{it - it_r}{Nit - it_r} \cdot \sigma \cdot \tau_{threshold}$$



Gb. 2 Implementasi Algoritma BWAS



Gb. 2 Implementasi Algoritma BWAS (Lanjutan)

Algoritma pada Gambar 1 dan 2 pada penelitian ini diterjemahkan kedalam bahasa Java dengan basis data MySQL dalam bentuk aplikasi model umum yang dapat digunakan untuk penentuan kebijakan transportasi dan distribusi yang mempunyai sistem sama dalam ranah model yang dibuat.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada pengujian data diberikan data percobaan dengan menggunakan data pada sebuah perusahaan roti seperti pada tabel 1, 2 dan Gambar 3 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Ordinat dan Permintaan

No Retail	Titik Koordinat	Demand Rate	Demand 3 hari
Depo	(0,0)		
1	(0.056818,2.95455)	7	21
2	(-0.435606,0.435608)	4	12
3	(-0.132576,1.89394)	6	18
4	(-0.473484,3.04924)	11	33
5	(-0.208332,3.125)	8	24
6	(0.0,3.20076)	7	21
7	(-0.397726,3.54167)	9	27
8	(-0.208332,3.44697)	7	21
9	(0.32197,2.82197)	11	33
10	(0.246212,2.63258)	12	36
11	(-0.681818,2.93561)	6	18
12	(-0.139551,2.6874)	7	21
13	(-0.568182,0.909092)	4	12
14	(-0.159489,0.25518)	7	21
15	(-0.871212,0.321972)	5	15
16	(-1.32576,2.74621)	5	15
17	(-1.1553,2.74621)	6	18
18	(-0.92803,2.93561)	5	15
19	(-0.58712,3.57955)	6	18
20	(0.522114,0.0450459)	9	27
21	(0.909092,-0.094696)	6	18
22	(-0.776514,0.435608)	6	18
23	(-0.92803,2.74621)	5	15
24	(0.568182,0.35985)	9	27
25	(0.909092,0.208334)	5	15
	Total		519

Tabel 2. Matrik Parameter BWAS

Applikasi Peralatan

IMPLEMENTASI BWAS UNTUK VRP DELIVERY ROTI DI TIKA BAKERY

Variabel

Kapasitas Roti (buah)	495	Alpha (α)	0.1
Deadline (menit)	420	Beta (β)	2.0
Kec. Motor (km/jam)	50.0	Row (ρ)	0.5
Service Time (menit)	13	Sighma (σ)	4.0
Jeda Stok (hari)	3	q0	0.9
Iterasi Max	20	Specific Percentage (%)	5.0

Data Retailer Proses

Tutup

3.1 Hasil Perhitungan

Sebagai Solusi dihasilkan seperti pada gambar berikut:

No	Warna	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sisa Roti
1	Blue	0 - 14 - 2 - 22 - 15 - 13 - 3 - 12 - 1 - 6 - 5 - 4 - 11 - 18 - 23 - 17 - 16 - 19 - 7 - 8 - 9 - 10 - 24 - 25 - 21 - 0	12.230642	321.0	3
2	Red	0 - 20 - 0	1.0481071	15.0	468

Jumlah Kendaraan: 2 Total Jarak: 13.278749
 Jumlah Retail: 25 Total Waktu: 336.0
 Total Roti: 519

Gb.3 Hasil Perhitungan BWAS melalui aplikasi

Pada implementasi algoritma ini hasil juga sudah diuji dengan menggunakan data yang sederhana dengan menggunakan perhitungan manual sesuai langkah algoritma yang dibangun. Berdasarkan perhitungan algoritma BWAS dihasilkan solusi terbaik dengan total jarak tempuh 13.278749 Km dimana jarak tempuh rute 1 sebesar 12.230642 Km dan jarak tempuh rute 2 sebesar 1.0481071 Km, total waktu tempuh 336 menit dimana waktu tempuh rute 1 sebesar 321 menit, sedangkan waktu tempuh rute 2 sebesar 15 menit, total roti yang diantarkan sebanyak 519 buah dan jumlah kendaraan yang dibutuhkan sebanyak 2 buah.

Berdasarkan hasil contoh perhitungan iterasi 1 dan iterasi 2 terdapat persamaan rute. Sehingga, untuk syarat *specific percentage 5%* dengan iterasi maksimal 20 kali belum dapat terpenuhi. Karena dibutuhkan minimal 1 rute baru yang terbentuk untuk menghentikan iterasi sebelum iterasi maksimal. Oleh karena itu, iterasi akan dilanjutkan dan apabila hingga iterasi maksimal tidak terbentuk rute baru maka nilai feromone akan dikembalikan menjadi nilai feromone awal yang sama artinya hasil yang digunakan adalah iterasi 1. Dari hasil perhitungan iterasi 1 dan 2 sama-sama diperoleh rute terbaik dengan total jarak tempuh rute sebesar 13.278749 Km dan total waktu tempuh sebesar 340.93449 menit.

Kombinasi penerapan Nearest Neighbor sebagai solusi awal dan dilanjutkan dengan BWAS dapat mencari solusi optimal terhadap permasalahan distribusi dengan karakteristik *single product and time windows*, jenis kendaraan *homogen*, *multi trips delivery system*. Dari hasil secara keseluruhan algoritma pengembangan mampu menangani kondisi multi trips dimana satu kendaraan tetap menyelesaikan sampai batas waktu yang ditetapkan, dengan tetap mempertimbangkan kemampuan mengirim barang tunggal dengan kapasitas tertentu yaitu melalui langkah 5.

Pada penelitian ini juga diujikan data-data dari perusahaan minuman botol, LPG dan perusahaan roti itu sendiri. Beberapa hal yang menjadi catatan pada pengujian data terutama perusahaan minuman ini adalah pada kemampuan aplikasi atau algoritma dalam mengatasi kondisi dimana kapasitas kendaraan lebih kecil dari demand terbesar dari retail-retail yang ada pada data, dengan kata lain kapasitas kendaraan pada sistem ini harus diatas demand terbesar agen yang akan dikunjungi. Algoritma belum sempurna dalam mengatasi permasalahan tersebut. Algoritma memerlukan pertimbangan *split delivery* untuk mengatasi permasalahan ini, maksudnya adalah bahwa pemenuhan demand pada satu *customer* seharusnya bisa dibagi oleh lebih dari satu kendaraan, yang artinya bahwa kendaraan dapat mengirimkan barang dengan berapapun jumlah barangnya sekalipun lebih kecil dari permintaan dan sisa kebutuhan akan dipenuhi pada kunjungan kendaraan berikutnya. Perencanaan pada aplikasi juga terbatas hanya untuk perencanaan dengan maksimum lead time 3 hari saja, selebihnya tidak dapat dilakukan.

Pada pendekatan analitis solusi yang dihasilkan lebih bersifat optimal untuk sementara waktu karena apabila variable-variabel yang digunakan dalam perhitungan pencarian solusi mengalami perubahan maka bisa jadi solusi yang dihasilkan menjadi tidak optimal lagi. Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan baru yang bisa memberikan solusi optimal walaupun variable-variabel yang

menyusun solusi tersebut berubah yaitu dengan pendekatan implementatif yang lebih bersifat dinamis mengikuti perubahan variabel.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian, pengolahan data, dan analisis terhadap implementasi algoritma BWAS dalam algoritma pengembangan *Best-Worst Ant System* (BWAS) yang digunakan untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada studi kasus single produk, maka dapat diberikan beberapa simpulan:

1. Implementasi BWAS dapat digunakan dengan mudah untuk sistem distribusi dan transportasi yang berkarakteristik, single produk, single time windows dengan klama komputasi yang relatif cepat. Rekomendasi atau usulan perbaikan pada sistem distribusinya khususnya perusahaan roti yang datanya dipakai sebagai pengujian berikut.
 - a) Mengurangi jumlah armada saat ini dari 10 buah menjadi 7 buah armada.
 - b) Menambah kapasitas kendaraan dengan sebuah kotak kecil yang mampu memuat sebanyak 5 roti, sehingga kapasitas tiap kendaraan menjadi 500 roti.
 - c) Mempertahankan kecepatan rata-rata kendaraan tiap *salesman* pada kecepatan rata-rata 40 km/jam.
2. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa algoritma BWAS dapat menangani permasalahan VRP single produk dengan relatif sederhana (terdapat 7 langkah dan dapat diiterasi sesuai kebutuhan perhitungan), hal ini mengindikasikan bahwa jika dilakukan pembangunan perangkat lunak, maka waktu komputasinya diperkirakan akan cepat. Analisis menghasilkan bahwa algoritma yang dipakai dalam penelitian tidak cukup leluasa untuk menangani jumlah keterbatasan atau konstrain yang lebih kompleks. Hal ini diindikasikan dengan cara menangani kondisi penanganan kapasitas terhadap pemenuhan demand, termasuk jika tipe produk juga ditambahkan, maka proses algoritma akan menjadi sulit, walaupun secara komputasi termasuk cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Farazi, Bagus. 2009. *Tugas Sarjana Aplikasi Best-Worst Ant System Dalam Pengoptimalan Jalur Distribusi Dari Vendor Ke Retailer*.
- Cordon, Oscar, dkk. 2000. *A New ACO Model Integrating Evolutionary Computation Concepts : The Best-Worst Ant System*. Granada University.
- Estyrahayu Kurniasari, Ika. 2009. *Tugas Sarjana Aplikasi Ant Colony Algorithm Dalam Pengoptimalan Jalur Distribusi dari Vendor ke Retailer*.
- Joubert, J. W., Classen, J. S. (2006). *A Sequential Insertion Heuristic for The Initial Solution to A Constrained Vehicle Routing Problem*. ORiON, Vol 22(1), pp.105-116
- Komara, S., (2006). Pemecahan Masalah Rute Kapal untuk Pendistribusian Bahan bakar minyak dengan Menggunakan Local Search. Tugas Sarjana Teknik Industri ITB.
- Setyani, Nurul. 2007. *Tugas Sarjana Penentuan Kebijakan Distribusi Produk Dari Vendor ke Retailer Menggunakan Model Inventory Routing Problem*.
- Suprayogi (2003). *Algoritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem with Multiple Trips and Time Windows*. Jurnal Teknik dan Manajemen Industri 23 (3), 30-46.