

LOGISTIC TRANSPORTATION TECHNOLOGY IN DETERMINING VEHICLE ROUTES USING SIMULATED ANNEALING FOR EFFICIENCY OF TWO WHEELS FUEL CONSUMPTION (CASE STUDY PT. XYZ)

¹*Darmawan Yudhanegara, ¹Indra Gumelar

¹Departemen Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

*darmawan@stt-wastukencana.ac.id

Abstract

Vehicles are part of the problem of transportation which has a big influence in efficiency. In the design that is considered to focus on the issue of transportation costs. The vehicle operating system on two wheels drive can be efficiently managed based on determining the route the vehicle. In the manufacturing industry sending goods to consumers both directly and through warehouses becomes a major factor in the company's transportation costs in PT.XYZ, especially the use of efficient fuel consumption. This fuel can be reduced by determining the vehicle's route to get from the factory to the consumer optimally. Vehicle routing is a complex system in the logistics system because it looks from the whole point of origin to the destination point of goods shipped. Route determination can be used through two approaches namely the sequential insertion heuristic approach as the initial solution and using the simulated annealing heuristic model as the final solution. Computational calculations using the mathematical library (MATLAB) The vehicle assumed 25 kilometers of mileage can consume 1 liter. This study produced a distance of 246.1 kilometers with only a consumption of 9,844 liters of fuel

Keywords: Fuel Consumption, Vehicle Routes, Logistic Technology, Simulated Annealing

Abstrak

Kendaraan merupakan bagian dari masalah transportasi yang memiliki pengaruh besar dalam efisiensi. Dalam desain yang dianggap fokus pada masalah biaya transportasi. Sistem operasi kendaraan pada penggerak dua roda dapat dikelola secara efisien berdasarkan penentuan rute kendaraan. Dalam industri manufaktur pengiriman barang ke konsumen baik secara langsung maupun melalui gudang menjadi faktor utama dalam biaya transportasi perusahaan di PT.XYZ, terutama penggunaan konsumsi bahan bakar yang efisien. Bahan bakar ini dapat dikurangi dengan menentukan rute kendaraan untuk pergi dari pabrik ke konsumen secara optimal. Rute kendaraan adalah sistem yang kompleks dalam sistem logistik karena terlihat dari seluruh titik asal ke titik tujuan pengiriman barang. Penentuan rute dapat digunakan melalui dua pendekatan yaitu pendekatan heuristik penyisipan berurutan sebagai solusi awal dan menggunakan model heuristik anil simulasi sebagai solusi akhir. Perhitungan komputasi menggunakan perpustakaan matematika (MATLAB) Kendaraan diasumsikan 25 kilometer jarak tempuh dapat mengkonsumsi 1 liter. Studi ini menghasilkan jarak 246,1 kilometer dengan hanya konsumsi 9.844 liter bahan bakar

Kata Kunci: Konsumsi Bensin, Rute Kendaraan, Teknologi Logistik, *Simulated Annealing*

1. LATARBELAKANG, TUJUAN DAN KAJIAN PENELITIAN

BBM merupakan energi bagian dari sistem transportasi yang paling besar dikonsumsi [1]. Manajemen transportasi logistik dapat dikelola tergantung dari pengelolaan secara efisien [2]. Industri manufaktur mengatur sistem transportasi logistik dengan mempertimbangkan biaya transportasi logistik perusahaan secara efisien. Barang hasil produksi manufaktur dikirim dari pabrik ke konsumen baik langsung maupun melalui gudang distribusi dilakukan penghematan konsumsi BBM di PT.XYZ sebagai kajian dalam penelitian ini.

Sistem transportasi logistik memiliki sebuah metode yang digunakan untuk mengurangi biaya

transportasi logistik seperti dalam amanat sistem logistik nasional [3] darat hanya . Semua kendaraan yang digunakan oleh perusahaan manufaktur dilakukan pengelolaan secara keseluruhan dengan mempertimbangan efisiensi biaya transportasi logistik yang optimal.

Kendaraan roda dua merupakan kendaraan yang paling populer terutama perkotaan [4] yang dapat digunakan dalam mengirimkan barang tidak melebihi 60 kilogram khususnya untuk situasi kemacetan. Penelitian ini dititikberatkan sistem transportasi logistik yang efisien dalam mengkonsumsi BBM guna mengurangi biaya transportasi logistik oleh perusahaan manufaktur.

Penelitian ini dilakukan penentuan rute kendaraan yang mampu memberikan konsumsi BBM

yang efisien sebagai dampak dari perancangan. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan heristik *sequential insertion* sebagai solusi awal dan model metaheuristik *simulated annealing* sebagai solusi akhir untuk memperbaiki solusi awal.

Penelitian ini dibatasi dengan kendaraan roda dua, pengiriman langsung, pengiriman melalui gudang penampungan, konsumsi BBM pada kendaraan roda dua, pengelolaan transportasi dalam kota, keadaan tidak macet, kendaraan melaju dengan normal 60 kilometer/Jam, kapasitas kendaraan tidak melebihi 60 kilogram, jarak tempuh berdasarkan titik awal dan tujuan yang tegak lurus, waktu pelayanan 14 jam pengiriman, dan waktu pengiriman dan kedatangan secara serempak.

2. STUDI PUSTAKA

Studi pustaka dalam penelitian ini dalam [5], [6], [2], [1] and [7] bahwa model rute kendaraan yang efisien diformulasikan dalam bentuk matematis sebagai berikut.

2.1 Model Matematis

Pemecahan masalah sebelum diselesaikan dengan pendekatan, perlu dilakukan formulasi matematis. Pendekatan model matematis yang digunakan ada dua pendekatan [6] yaitu formulasi laju kendaraan (*vehicle flow formulation*) dan pendekatan formulasi laju partisi (*partition formulation flow*). Penelitian ini menggunakan pendekatan matematis laju kendaraan (*vff*) sebagai berikut

$$\begin{aligned} \min TC = & \sum_{k \in K} \sum_{i \in P \cup 0} \sum_{j \in P \cup |0|} c_{ij} X P_{ij}^k \\ & + \sum_{k \in K} \sum_{i \in D \cup 0} \sum_{j \in D \cup |0|} c_{ij} X D_{ij}^k \\ & + \sum_{k \in K} \sum_{j \in P} c_{fp} X P_{0j}^k + \sum_{k \in K} \sum_{j \in D} c_{fd} X D_{0j}^k \\ & + \sum_{k \in K} \sum_{i \in P \cup D \cup 0} \sum_{j \in P \cup D \cup |0|} c_{ij} X_{ij}^k \\ & + c_{fDS} \left(\sum_{k \in K} \sum_{i \in V, i \neq j} X_{ij}^k - \sum_{k \in K} X_{0|0|}^k \right) \\ & + \sum_{i \in P \cup D} c_{\tau} \tau_i \quad (0) \end{aligned}$$

Constrains:

$$AT_i^k + t_{ij} \leq AT_{i+1}^k \quad \forall i \in P, \forall k \in K \quad (1)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} X_{ij}^k \leq T_{max} \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{j \in P} X P_{0j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in P} X P_{i|0|}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in D} X D_{0j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in P} X D_{i|0|}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in P \cup |0|} q_i X P_{ij}^k \leq Q \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{i \in D} \sum_{j \in D \cup |0|} (-q_i) X P_{ij}^k \leq Q \quad \forall k \in K \quad (8)$$

$$AT_j^k \geq AT_i^k + t_{ij} - M(1 - X P_{ij}^k) \quad \forall i \in P, \forall j \in P \cup |0|, \forall k \in K \quad (9)$$

$$AT_j^k \geq AT_i^k + t_{ij} - M(1 - X D_{ij}^k) \quad \forall i \in D, \forall j \in D \cup |0|, \forall k \in K \quad (10)$$

$$VAT_k \geq \sum_{i \in P \cup 0} \sum_{j \in P \cup |0|} t_{ij} X P_{ij}^k \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$VAT_k \geq VAT_{k'} \quad \forall k, k' \in K \quad (13)$$

$$T_{PU} \geq VAT_k \quad \forall k \in K \quad (14)$$

$$T_{PU} + T_{CD} + \sum_{i \in D \cup 0} \sum_{j \in D \cup |0|} t_{ij} X D_{ij}^k \leq T_{max} \quad \forall k \in K \quad (15)$$

$$\tau_i - \left(\sum_{k \in K} \sum_{j \in P} X P_{ij}^k \right) = 0 \quad \forall i \in P \quad (16)$$

$$\sum_{j \in V, j \neq i} X_{ij}^k - \sum_{j \in V, j \neq i+n} X_{i+1,j}^k = 0 \quad \forall i \in P, \forall k \in K \quad (17)$$

$$\sum_{j \in V, j \neq 0} X_{0j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (18)$$

$$\sum_{j \in V, j \neq |0|} X_{i|0|}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (19)$$

$$\sum_{j \in V, j \neq i} X_{ij}^k - \sum_{j \in V, j \neq i} X_{ij}^k = 0 \quad j \in P \cup D, \forall k \in K \quad (20)$$

$$AT_j^k \geq AT_i^k + t_{ij} - M(1 - X_{ij}^k) \quad \forall i, j \in V, \forall k \in K \quad (21)$$

$$W_j \geq W_i + q_j - Q + Q(X_{ij}^k + X_{ij}^k) - (q_j + q_i)X_{ij}^k \quad \forall i, j \in V, \forall k \in K \quad (22)$$

$$W_j \leq X_{0j}^k q_j + (1 - X_{0j}^k) Q \quad \forall i, j \in V, \forall k \in K \quad (23)$$

$$AT_i^k + t_{ij} \leq AT_{i+1}^k \quad \forall i \in P, \forall k \in K \quad (24)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} X_{ij}^k \leq T_{max} \quad \forall k \in K \quad (25)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in P \cup 0} X P_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i \in V, i \neq j} X_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in P \quad (25)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in P \cup 0} X D_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i \in V, i \neq j} X_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in D \quad (26)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in P \cup \{0\}} X P_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{j \in V, j \neq i} X_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in P \quad (27)$$

$$a_i \leq AT_i^k \leq b_i \quad \forall i \in P \cup D, \forall k \in K \quad (28)$$

$$b_i = AT_{i-n}^k + r_i \quad \forall i \in D, \forall k \in K \quad (29)$$

$$X_{ij}^k, X P_{ij}^k, X D_{ij}^k, \tau \in \{0,1\} \quad (30)$$

Formulasi matematis diatas diperoleh dari permasalahan dalam penelitian yang terdiri dari fungsi tujuan dan beberapa fungsi kendala dalam menentukan rute secara langsung [8] dan tidak langsung melalui gudang transit [9]. Sedangkan proses transit (*transshipment*) dalam gudang secara detail tidak diformulasikan dalam penelitian ini sebagai batasan permasalahan.

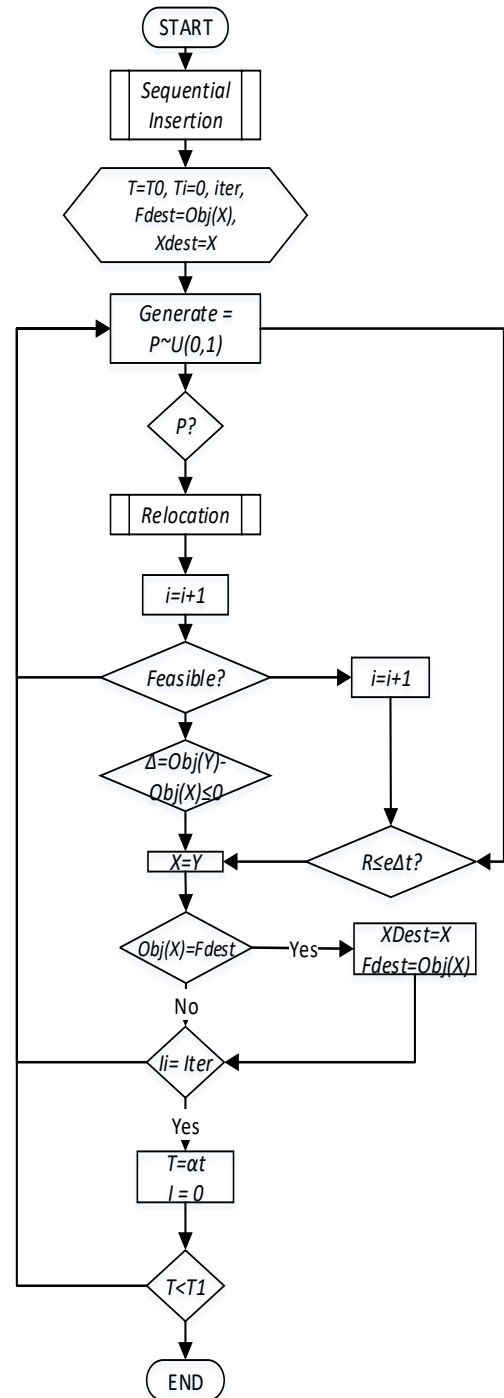
2.2 Model Heristik dan Metaheristik

Model heristik *sequential insertion* yang digunakan untuk solusi awal [10]. Setelah solusi awal dilakukan, untuk menentukan optimasi global maka digunakan model metaheristik *simulated annealing* [11]. Proses komputasional dalam menghitung jumlah rute dan jarak yang optimal diselesaikan dengan perangkat lunak MATLAB [12].

Proses perhitungan model digambarkan dan diagram alir sebagai berikut dari solusi awal sampai solusi akhir perbaikan, serta proses pemrograman MATLAB dalam proses komputasional dalam lembar berikutnya.

Formulasi matematis diatas dinotasikan sebagai berikut:

T_0	=	Temperatur Awal
T_F	=	Temperatur Akhir
α	=	Rata-rata Pendinginan
X	=	Solusi Penerimaan
Y	=	Solusi Baru
$Obj(X)$	=	Nilai Fungsi Objektif
X_{best}	=	Solusi Akhir
F_{best}	=	Nilai Fungsi Objektif Baru
$iter$	=	Jumlah Iterasi
Δ	=	Biaya BBM
i,j,k	=	Indeks lokasi i j dan kendaraan k



Gambar 2. Diagram Proses Pemecahan masalah

Pada referensi [12] bahwa model metaheristik *simulated annealing* dinotasikan dalam pseudocode digambarkan dari proses pemanasan sampai kepada proses pendinginan. Model ini menggambarkan dari proses pemecahan yang dianalogikan kedalam bentuk *simulated annealing* dalam proses pemecahan masalah. Model ini bersifat generic dapat digunakan untuk proses pemecahan lain selain dalam penentuan rute kendaraan.

```

Simulated Annealing Principal
1  build an initial solution  $S$ 
2   $S^* := S$ 
3   $T := T_{max}$ 
4  while the stopping criterion is not met
   do
5      $S' := \text{RandomTransformation}(S)$ 
6     evaluate  $\Delta f$ 
7     if  $\Delta f < 0$  or  $e^{-\Delta f/T} < U \sim (0,1)$  then
8        $S := S'$ 
9     if  $S'$  improve  $S^*$  then
10       $S^* := S'$ 
11     $T := \alpha \cdot T$ 
12  Return( $S^*$ )

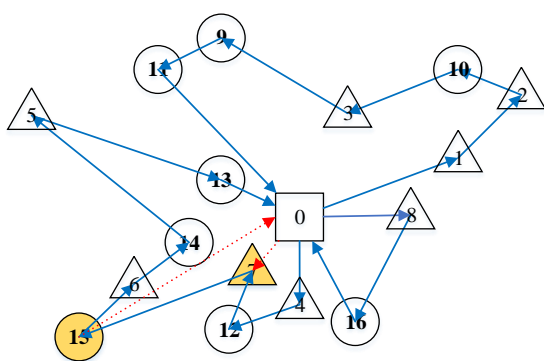
```

Gambar 3. Pseudocode model metaheuristik Simulated Annealing

Dari pseudocode model dapat menentukan proses penentuan rute kendaraan yang optimal sehingga diperoleh jarak yang pendek sehingga BBM dapat dilakukan penghematan konsumsinya.

2.3 Penentuan Rute dan Perhitungan Konsumsi BBM

Permasalahan rute kendaraan dapat menyelesaikan jumlah rute yang dilalui serta pemenuhan kendaraan setiap titik simpul asal dan titik simpul tujuan baik secara langsung maupun tidak langsung atau melalui gudang transit dengan delapan (8) titik asal, delapan (8) titik tujuan dan satu (1) gudang transit.



Gambar 4. Diagram Rute Kendaraan

Kajian penelitian ini dilakukan pada kasus proses pengiriman barang dengan waktu pelayanan 14 jam.

3. JARAK, RUTE DAN KONSUMSI BBM

Pada Tabel 1 dibawah menguraikan model, jumlah rute, rute perjalanan, jarak dan konsumsi BBM dari hasil perhitungan solusi awal dan solusi akhir. Kendaraan roda dua diasumsikan

mengkonsumsi dua puluh lima (25) kilometer per satu (1) liter. Proses pemecahan masalah rute kendaraan dilakukan dengan model heristik dan model metaheuristik [13].

Tabel 1. Hasil Pemecahan Masalah

Model	Jumlah rute	Rute Perjalanan	Jarak (km)	Konsumsi BBM (liter)
Sequential Insertion	1	0-1-2-10-3-9-11-5-13-0	127,8	5.112
	2	0-4-12-6-14-0	41,3	1.652
	3	0-8-16-0	39,8	1.592
	4	0-7-15-0	65,6	2.62
Total			274,4	10.976
Simulated Annealing	1	0-1-2-10-3-9-11-0	79,4	3.176
	2	0-4-12-7-15-6-14-5-13-0	126,9	5.076
	3	0-8-16-0	39,8	1.592
Total			246.1	9.844

Dalam tabel menunjukkan jarak tempuh keseluruhan adalah 274.4 kilometer dengan konsumsi BBM sebanyak 10.976 liter pada solusi awal dengan menggunakan model heristik *sequential insertion* dan diperbaiki dengan model metaheuristik *simulated annealing* menjadi jarak tempuh sebesar 246.1 kilometer dengan konsumsi BBM sebanyak 9.844 liter sebagai solusi akhir atau solusi optimal global.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Model metaheuristik yang digunakan dengan parameter analisis $T_0 = 100$, $T_f = 0.1$, $L_t = 2$, $\alpha = 0.5$ dan $\beta = 10$ menunjukan proses pemecahan optimal dalam menyelesaikan penentuan rute kendaraan yang mampu menghasilkan jarak yang pendek dan konsumsi BBM yang cukup minimum.

Hasil menunjukan jarak tempuh perjalanan pada solusi akhir sepanjang 246.1 kilometer dengan konsumsi BBM sebanyak 9.844 liter dengan asumsi kendaraan roda dua mengkonsumsi 25 kilometer per satu liter.

PT.XYZ dapat menentukan rute kendaraanya dengan model simulated annealing dalam mengurangi konsumsi BBM untuk total biaya transportasinya dalam mengirimkan barang, baik langsung ke konsumen atau melalui gudang transit terlebih dahulu.

Rute kendaraan dapat ditindaklanjuti dalam otomasi transportasi tanpa navigasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya disesuaikan

dengan permasalahan yang sedang dihadapi terutama pada tantangan revolusi industri ke-4 saat ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. Anbuudayasankar, K. Ganesh, and S. Mohapatra, *Models for practical routing problems in logistics: Design and practices*. 2014.
- [2] BOWERSOX Donald J. and D. J. Closs, "Logistical managements : the integrated supply chain process ," *Librairie Lavoisier*, 1996. .
- [3] _____, "Sistem Logistik Nasional," *Perpres RI*, vol. 12, no. 5 Maret, p. 33, 2012.
- [4] C. L. Yang, H. Sutrisno, A. S. Chan, and B. S. Wibowo, "The two-echelon vehicle routing problem with dynamic satellites for city logistics," in *Proceedings of International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE*, 2018.
- [5] D. Yudhanegara, "Pengembangan Model Strategi VRP Pickup-Delivery Time Windows dengan Menggunakan Simulated Annealing," *Repos. Pascasarj. UNPAS*, 2018.
- [6] R. Fukasawa, Q. He, and Y. Song, "A branch-cut-and-price algorithm for the energy minimization vehicle routing problem," *Transp. Sci.*, 2016, doi: 10.1287/trsc.2015.0593.
- [7] Y. Xiao, Q. Zhao, I. Kaku, and Y. Xu, "Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem," *Comput. Oper. Res.*, 2012, doi: 10.1016/j.cor.2011.08.013.
- [8] N. Ding, "Enabling Urban Parcel Pickup and Delivery Services Using All-Electric Trucks," 2017.
- [9] M. Wen, J. Larsen, J. Clausen, J. F. Cordeau, and G. Laporte, "Vehicle routing with cross-docking," *J. Oper. Res. Soc.*, 2009, doi: 10.1057/jors.2008.108.
- [10] Q. Lu and M. M. Dessouky, "A new insertion-based construction heuristic for solving the pickup and delivery problem with time windows," *Eur. J. Oper. Res.*, 2006, doi: 10.1016/j.ejor.2005.05.012.
- [11] V. Černý, "Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm," *J. Optim. Theory Appl.*, 1985, doi: 10.1007/BF00940812.
- [12] L. Ingber, "Simulated annealing: Practice versus theory," *Math. Comput. Model.*, 1993, doi: 10.1016/0895-7177(93)90204-C.
- [13] A. H. Gandomi, X. S. Yang, S. Talatahari, and A. H. Alavi, "Metaheuristic Algorithms in Modeling and Optimization," in *Metaheuristic Applications in Structures and Infrastructures*, 2013.