

## **VEHICLE ROUTING UNTUK PICK UP PROBLEM DENGAN PENDEKATAN MOST VALUABLE NEIGHBORHOOD DAN NEAREST NEIGHBOR PADA JASA PENGIRIMAN BARANG**

Sudiana Wirasambada<sup>1)</sup> dan Dwi Iryaning Handayani<sup>2)</sup>

1) Ass Mgr Ice Cream Transport PT Unilever Indonesia  
Wisma Aldiron, Pancoran, Jakarta Selatan  
Email : [sudiana.w@gmail.com](mailto:sudiana.w@gmail.com)

2) Jurusan Teknik Industri  
Universitas Panca Marga Probolinggo  
Jalan Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271  
[dwiiryaninghandayani@yahoo.co.id](mailto:dwiiryaninghandayani@yahoo.co.id)

---

### **Abstrak**

*Berkembangnya bisnis jasa pengiriman barang mendorong perusahaan-perusahaan jasa pengiriman barang seperti PT. X memperluas jaringan bisnisnya. Sistem agen yang diterapkan menyebabkan lokasi pick up barang menjadi lebih banyak. Oleh karena itu, optimalisasi penjadwalan rute kendaraan adalah hal yang penting untuk menurunkan kemungkinan barang yang tidak terangkut, menurunkan biaya operasional, dan meningkatkan keuntungan. Tujuan penelitian yaitu melakukan optimalisasi rute pada operator jasa pengiriman barang PT. X dengan menggunakan pendekatan heuristik. Dua metode heuristik akan digunakan, yaitu metode most valueable neighborhood (MVN-VRP) dan metode nearest neighbor (NN-VRP). Kedua metode tersebut dibandingkan berdasarkan total nilai kargo yang dikumpulkan dan jarak tempuh kendaraan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk memaksimalkan nilai kargo yang diangkut atau meminimalkan opportunity value yang hilang metode MVN-VRP lebih baik digunakan dibanding dengan metode NN-VRP. Meskipun memiliki jarak tempuh yang lebih panjang, rute MVN-VRP lebih optimal dalam optimalisasi nilai kargo.*

**Kata Kunci :** *Vehicle Routing Problem, Most Valueable Neighborhood, Nearest Neighbor*

### **Abstract**

*Recently, businesses growth has encouraged freight and shipping companies such as PT X to expand its business network. Implementation of agent system has impact on the pick-up location of goods which becomes increased and spread. Therefore, optimizing the scheduling of these vehicles are essential to reduce the possibility of goods that are not transported, lowering operational costs, and increase profits. The research objective is to optimize the service to the operator of freight services PT. X by using a heuristic approach. Two heuristic methods to be used, a method most valueable neighborhood (MVN-VRP) method and nearest neighbor (NN-VRP). Both methods are compared based on the total value of the cargo is collected and mileage of the vehicle. The results of this study indicate that to maximize the value of cargo shipped or minimize lost opportunity value-VRP MVN method is better used than with the method NN-VRP. Although it has a longer mileage, these MVN-VRP is more optimal in optimizing the value of the cargo.*

**Keywords:** *Vehicle Routing Problem, Most Valueable Neighborhood, Nearest Neighbor*

### **PENDAHULUAN**

Meningkatnya aktivitas perekonomian masyarakat menyebabkan aktivitas pengiriman barang menjadi peluang bisnis yang

menguntungkan. Banyak perusahaan jasa pengiriman yang muncul dan saling bersaing untuk menguasai pasar. Perusahaan jasa pengiriman yang pada awalnya beroperasi di daerah perkotaan saja

mulai melakukan ekspansi ke daerah-daerah lainnya. Daerah-daerah yang tadinya hanya dilayani oleh kantor pos saat ini mulai dimasuki perusahaan-perusahaan jasa pengiriman yang sedang mengembangkan jaringannya.

PT. X merupakan salah satu perusahaan jasa pengiriman yang besar di Indonesia. Untuk mengembangkan jaringannya, PT. X menerapkan sistem agen dimana individu atau kelompok diperbolehkan menjadi agen jasa pengiriman dengan syarat dan ketentuan tertentu. Hal ini berdampak positif pada peningkatan kargo yang didistribusikan oleh PT. X. Namun, hal tersebut juga berakibat semakin tersebarnya lokasi kargo yang harus diangkut oleh PT. X dan kemudian di distribusikan sesuai tujuan pengiriman. Penjadwalan truk untuk mengangkut barang pada suatu agen pun menjadi lebih sulit.

Setiap agen PT. X mayoritas memiliki waktu operasi sama yang dimulai jam 08.00 pagi. Setiap harinya agen akan dikunjungi 1 kendaraan yang akan mengangkut barang-barang yang akan dikirimkan. Kendaraan angkut tersebut harus kembali ke depot sebelum waktu pengiriman dari depot ke kota tujuan barang yaitu jam 15.00. Jumlah kargo yang diangkut pada satu agen akan berbeda pada jam yang berbeda. Hal ini karena semakin lama barang yang akan dikirim dari agen tersebut semakin bertambah. Jumlah kargo yang dikirim pada satu agen pada hari yang berbeda juga tidak sama. Hal ini dapat menyebabkan rute optimal pada hari tertentu menjadi rute paling buruk di hari berikutnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat mengoptimalkan rute kendaraan angkut PT. X untuk memaksimalkan kargo yang diangkut dan meminimalkan *opportunity value* dari kargo yang hilang.

Beberapa metode telah diperkenalkan untuk menyelesaikan masalah *vehicle routing*. Metode paling sederhana seperti *nearest neighbor* hingga algoritma metaheuristik *genetic algorithm* telah banyak diaplikasikan pada permasalahan VRP. Survei Cordeau et al (2002) menunjukkan metode eksak dan heuristik apa saja yang telah digunakan untuk penyelesaian masalah VRPTW. Sedangkan Braysy dan Gendreau (2005) lebih menjelaskan metode metaheuristik apa saja yang digunakan dalam menyelesaikan VRPTW. Berbagai macam variasi masalah dalam VRP pun telah banyak dibahas mulai dari CVRP, VRPTW,

OVRP, MDVRP, hingga SDVRP (Pisinger dan Ropke, 2007).

Permasalahan rute kendaraan angkut pada PT. X akan diselesaikan dengan pendekatan heuristik. Dua metode akan digunakan dalam penentuan rute kendaraan angkut yaitu *most valueable neighborhood* dan *nearest neighbor* pada permasalahan VRPTW. Hasil kedua metode tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui metode mana yang paling tepat untuk menjadwalkan rute kendaraan PT. X Indonesia dengan tujuan memaksimalkan nilai kargo yang terangkut dan meminimasi *opportunity value* yang hilang. Oleh karena itu tujuan penelitian ini yaitu melakukan optimalisasi rute pada operator jasa pengiriman barang PT. X dengan menggunakan pendekatan heuristik.

## METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Most Valueable Neighborhood - Vehicle Routing Problem* (MVN-VRP) dan Metode *Nearest Neighbor - Vehicle Routing Problem* (NN-VRP). *Vehicle Routing Problem* merupakan masalah pengaturan rute kendaraan dengan tujuan tertentu. VRP memiliki 5 variasi yang berbeda yaitu: *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Multi-Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP), *Site-Dependent Vehicle Routing Problem* (SDVRP), dan *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP). Pada CVRP, kendaraan harus mengirikan barang pada beberapa node dengan kuantitas masing-masing node yang telah diketahui dengan biaya paling murah dan berakhir pada depot. Kendaraan diasumsikan homogen dan memiliki kapasitas yang pasti. VRPTW merupakan pengembangan masalah dari CVRP dengan menambahkan *time windows* pada node yang akan dikunjungi. *Time windows* merupakan interval waktu dimana node dapat dikunjungi. OVRP merupakan permasalahan yang sangat mirip dengan CVRP. Namun, pada OVRP, kendaraan tidak perlu kembali lagi ke depot setelah selesai melakukan pengiriman. MDVRP merupakan pengembangan CVRP dengan menambahkan multi depot dalam permasalahan CVRP. Pengembangan dari CVRP lain, yaitu SDVRP, merupakan kasus CVRP dengan adanya *dedicated vehicle* untuk node tertentu. CVRP, MDVRP, dan SDVRP memiliki tujuan untuk

meminimalkan total jarak tempuh, sedangkan OVRP dan VRPTW lebih mementingkan minimasi dari jumlah kendaraan (Pisinger dan Ropke, 2007).

Kedua permasalahan VRP yang disebutkan di atas telah dipelajari secara intensif pada literature. Dua permasalahan yang paling terkenal adalah VRPTW dan CVRP. VRPTW telah menjadi target banyak riset dan hampir semua jenis metaheuristik telah diaplikasikan pada masalah ini. Dalam survey terbaru tentang *state the art* dalam riset VRPTW, survey yang dilakukan Cordeau et al (2002) telah mendeskripsikan baik metode eksak maupun heuristik yang dipakai dalam VRPTW. Selain itu, survey yang dilakukan Braysy dan Gendreau (2005) menjelaskan metode metheuristik apa yang diaplikasikan pada VRPTW. Dalam kasus VRPTW dengan menggunakan data Solomon, Bent dan van Hentenryck (2004) dengan *large neighborhood* dan Homberger dan Gehring (2005) dengan *hybrid genetic algorithm* merupakan metode heuristik paling baik dalam menyelesaikan masalah tersebut.

Penyelesaian optimasi pada VRPTW mendapatkan banyak perhatian. *State the art* dari metode eksak saat ini dikembangkan oleh Kallehauge et al. (2001), Irnich dan Villeneuve (2003), dan Chabrier (2003) dimana kesemuanya mengikuti *framework branch and price*. Kedua pendekatan yang pertama disebutkan memperkuat *lower bound* yang didapat dengan menambahkan pertidaksamaan pada formulasi LP. Dengan cara ini, Kallehauge et al. (2001) berhasil menyelesaikan permasalahan dengan 1000 node. Pada penelitian lain, Kim et al. (2006) menggunakan metode *extended insertion* dalam menyelesaikan VRPTW, sedangkan Hwan Kang et al. (2008) menggunakan *tabu search* dalam menyelesaikan VRPTW.

### Definisi Permasalahan dan Notasi

Permasalahan rute kendaraan pada jasa pengiriman tergolong permasalahan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW). Pada kasusPT. X kali ini, kendaraan dapat beroperasi kembali (*Simultaneous Vehicle Routing*) meskipun telah melalui satu rute dengan syarat tidak melanggar waktu tutup depot. Jumlah kargo yang ada di masing-masing agen bersifat dinamis. Setiap peningkatan jam operasional dimungkinkan adanya penambahan jumlah kargo. Kargo didefinisikan dalam bentuk berat, volume, dan nilai kargo. Model matematis permasalahan VRPTW seperti pada Toth dan Vigo (2002) dirumuskan sebagai berikut.

$$(VRPTW) \min \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \cdot x_{ijk} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x = 1 \quad \forall k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ijk} - \sum_{i \in \Delta^+(j)} x_{ijk} = 0 \quad \forall k \in K, j \in N, \quad (4)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(n+1)} x_{i,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in K \quad (5)$$

$$x_{ijk} w_{ik} + s_i + t_{ij} - w_{jk} \leq 0 \quad \forall k \in K, i, j \in A, \quad (6)$$

$$a_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} \leq w_{ik} \leq b_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} \quad \forall k \in K, i \in N \quad (7)$$

$$E \leq w_{ik} \leq L \quad \forall k \in K, i \in \{0, n+1\} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} \leq C \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (10)$$

$$x_{ijk} \in 0,1 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (11)$$

Persamaan (2) model di atas memastikan bahwa setiap node hanya akan dikunjungi oleh 1 kendaraan saja. Sedangkan karakteristik dari rute yang dipilih oleh kendaraan k ditunjukkan pada persamaan (3)-(5). Konstran (6)-(9) menjamin bahwa *time windows* dari node tidak dilanggar serta kapasitas yang diangkut tidak melebihi yang diperbolehkan.

Pada kasusPT. X ini, fungsi tujuan adalah maksimum kargo yang diangkut. Hal ini dapat dinyatakan dalam persamaan (12):

$$\max \sum_{\bar{k} \in \bar{K}} \sum_{(i,j) \in A} P_{i(l)} x_{ijk}$$

dimana  $P_{i(l)}$  merupakan nilai kargo pada node  $j$  pada jam ke- $l$  dimana  $l$  adalah waktu saat  $k$  tiba di node tersebut.,  $l \in H(k)$ . Karena kendaraan memiliki batasan berat yang diperbolehkan, maka konstran berat dinyatakan dengan persamaan (13):

$$\sum_{i \in \bar{N}} b_{i(l)} x_{ijk} \leq W \quad \forall k \in K, l \in H(k)$$

Dimana  $b_{i(l)}$  merupakan berat kargo node  $i$  pada waktu kendaraan  $k$  sampai di waktu- $l$ .

### *Nearest Neighbor Vehicle Routing Problem* (NN-VRP)

Pada bagian ini, kita akan mendiskusikan salah satu algoritma yang dipakai dalam menyelesaikan masalah *vehicle routing* dalam paper ini yaitu *nearest neighbor*. *Nearest neighbor* merupakan algoritma untuk mendapatkan agen yang dituju berikutnya berdasarkan kedekatan jarak. Pada kasus lain, kedekatan suatu agen dengan agen lainnya direpresentasikan dengan waktu tempuh paling pendek. Algoritma Dijkstra sering dipakai dalam menentukan jarak terpendek dari satu agen ke agen yang lain.

Algoritma *nearest neighbor* dimulai dengan melakukan inisialisasi lokasi agen dan matriks jarak antar agen. Setiap kendaraan berjalan mulai dari depot menuju agen hingga kapasitas kendaraan terutilisasi seluruhnya dan kembali. Pada kasus *simultaneous vehicle routing*, kendaraan yang kembali ke depot masih dapat melakukan *pick up* dengan syarat waktu perjalanan hingga kembali ke depot tidak melebihi *due time* dari depot.

**Step 0:** Inisialisasi

- Definisikan semua agen dan depot.
- Definisikan kapasitas angkut kendaraan.
- Definisikan *time windows* tiap agen dan depot.

**Step 1:** Jika semua agen belum dikunjungi maka *step 2*, jika ya, *step 7*.

**Step 2:** Cari agen dengan jarak paling dekat dari agen yang terpilih. Pada awal rute, agen yang terpilih adalah depot, *step 3*.

**Step 3:** Cek apakah waktu tiba di agen tujuan ditambahkan dengan *service time* dan waktu kembali ke depot melebihi *time window* depot.

- Jika ya, *step 4*, *update* waktu kendaraan
- Jika tidak, *step 6*.

**Step 4:** Cek apakah kapasitas tersisa masih cukup.

- Jika ya, *step 5*, *update* kapasitas
- Jika tidak, *step 6*.

**Step 5:** Jika waktu kendaraan masih tersisa untuk meneruskan perjalanan dari depot, *step 3*, jika tidak, *step 6*.

**Step 6:** Kendaraan baru, *step 2*.

**Step 7:** Algoritma selesai.

**Most Valueable Neighborhood Vehicle Routing Problem (MVN-VRP)**

Algoritma *most valueable neighborhood* merupakan pengembangan algoritma *nearest neighbor*. Namun, pertimbangan pada algoritma ini

berbeda dengan *nearest neighbor*. Dasar dari pemilihan agen pada MVN-VRP adalah agen berikutnya yang paling berharga. Agen yang paling awal dikunjungi adalah agen yang paling jauh jaraknya. Pemilihan agen terjauh ini dimaksudkan agar selama waktu pengambilan kargo pada agen tersebut, kargo pada agen lainnya telah meningkat, sehingga kargo yang dapat diambil pada keseluruhan sistem menjadi maksimal.

Kendaraan berangkat dari depot menuju agen yang terjauh berdasarkan jarak tempuh terbesar. Rute berikutnya yang dipilih adalah agen yang paling berharga. Pemilihan ini berdasarkan bobot yang dihitung dari nilai kargo per massa jenis. Langkah selanjutnya pada MVN-VRP sama dengan NN-VRP, termasuk pada kasus *simultaneous vehicle routing*.

**Step 0:** Inisialisasi

- Definisikan semua agen dan depot.
- Definisikan kapasitas angkut kendaraan.
- Definisikan *time windows* tiap agen dan depot.

**Step 1:** Jika semua agen belum dikunjungi maka *step 2*, jika ya, *step 9*.

**Step 2:** Apakah agen merupakan rute pertama yang dikunjungi,

- Jika ya, *step 3*.
- Jika tidak, *step 4*.

**Step 3:** Cari agen dengan jarak terjauh dari depot, *step 5*.

**Step 4:** Cari agen dengan bobot yang tertinggi dari agen yang terpilih, *step 5*.

**Step 5:** Cek apakah waktu tiba di agen tujuan ditambahkan dengan *service time* dan waktu kembali ke depot melebihi *time window* depot,

- Jika ya, *step 2*, *update* waktu kendaraan.
- Jika tidak, *step 6*.

**Step 6:** Cek apakah kapasitas tersisa masih cukup.

- Jika ya, *step 7*, *update* kapasitas.
- Jika tidak, *step 8*.

**Step 7:** Jika waktu kendaraan masih tersisa untuk meneruskan perjalanan dari depot, *step 3*, jika tidak, *step 8*.

**Step 8:** Kendaraan baru, *step 2*.

**Step 9:** Algoritma selesai

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kedua metode MVN-VRP dan NN-VRP, di implementasikan pada kasus *pick up problem* di

PT. X Surabaya dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic for Application pada aplikasi office Excel. Kasus yang digunakan merupakan kasus sederhana yang terdiri dari 14 agen dengan 1 depot. Masing-masing agen memiliki pola pengiriman kargo berupa bobot kargo, volume kargo, dan nilai kargo yang diasumsikan berdistribusi normal. Data-data pada kasus ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Contoh Kasus VRP**

No	Node	Volume		Berat		Value		Koordinat	
		Rata-rata	StDev	Rata-rata	StDev	Rata-rata	StDev	X	Y
1	Depot							0	0
2	A	1.8	0.2	100	20	800,000.00	200,000.00	7	3
3	B	1.6	0.2	120	20	1,200,000.00	200,000.00	1	2
4	C	1.5	0.2	90	20	750,000.00	200,000.00	9	7
5	D	0.9	0.2	75	20	800,000.00	200,000.00	12	4
6	E	1.5	0.2	60	20	600,000.00	200,000.00	5	1
7	F	1.25	0.2	80	20	900,000.00	200,000.00	8	8
8	G	1.9	0.2	100	20	1,500,000.00	200,000.00	10	6
9	H	1.75	0.2	40	20	800,000.00	200,000.00	9	10
10	I	2	0.2	50	20	500,000.00	200,000.00	3	9
11	J	1.6	0.2	75	20	600,000.00	200,000.00	4	4
12	K	1.8	0.2	80	20	1,000,000.00	200,000.00	2	3
13	L	2	0.2	60	20	800,000.00	200,000.00	5	6
14	M	0.8	0.1	30	5	600,000.00	150,000.00	16	5

*Service time* masing-masing agen diasumsikan sama yaitu 15 menit. Waktu tempuh kendaraan berbanding lurus dengan jarak tempuhnya, dimana kecepatan kendaraan dari satu agen ke agen lainnya berbeda karena faktor kepadatan jalan. Kendaraan memulai aktivitas *pick up* pada pukul 10.00 dan

harus memasuki depot paling lambat pada pukul 15.00 karena barang harus dikonsolidasikan untuk segera dikirim. Hasil komputasi dari masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Hasil Komputasi MVN-VRP dan NN-VRP**

VRP <i>Most Valuable Neighbourhood</i>	Kendaraan	Nilai Kargo	Jarak Tempuh
	Truk 1	5.895.174.07	26.543
	Truk 2	7.026.243.40	39.309
	Truk 3	1.303.642.60	13.092
	Total	14.225.060.07	
VRP <i>Nearest Neighbour</i>	Kendaraan	Nilai Kargo	Jarak Tempuh
	Truk 1	6.172.337.33	33.151
	Truk 2	5.309.499.21	23.231
	Truk 3	1.038.749.51	15.570
	Total	12.520.586.05	71.95

**Tabel 3. Rute kendaraan MVN-VRP dan NN-VRP**

VRP <i>Most Valuable Neighbourhood</i>	Kendaraan	Rute Kendaraan								
	Truk 1	1	14	5	8	4	7			
	Truk 2	1	9	2	11	12	1	3	1	6
	Truk 3	1	10	13						
VRP <i>Nearest Neighbour</i>	Kendaraan	Rute Kendaraan								
	Truk 1	1	3	12	11	13	5	1	6	
	Truk 2	1	2	8	4	7	14			
	Truk 3	1	10	9						

Metode *Most Valueable Neighborhood* menghasilkan nilai kargo yang diangkut lebih tinggi dibandingkan dengan *Nearest Neighbor* dengan total jarak tempuh yang lebih tinggi pula. Pemilihan rute kedua metode tersebut juga berbeda seperti terlihat pada Tabel 3. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kasus pick up agen PT. X metode MVN-VRP lebih cocok diaplikasikan dibanding dengan metode NN-VRP.

Kecenderungan metode MVN-VRP untuk memilih agen yang lebih berharga diperlihatkan pada algoritma MVN-VRP dalam bentuk bobot. Bobot agen yang merupakan perbandingan antara nilai kargo per massa jenis kargo pada agen tersebut dan jarak yang harus ditempuh menunjukkan kriteria pemilihan agen berikutnya yang lebih cocok untuk tujuan maksimasi nilai kargo yang diangkut atau minimasi kargo yang tidak terangkut. Dari rute kendaraan pada MVN-VRP terlihat bahwa pada rute kendaraan angkut pada awalnya cenderung memilih agen yang paling jauh. Hasil MVN-VRP menunjukkan agen 14 menjadi agen pertama yang dikunjungi kendaraan 1. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan peluang terangkutnya kargo yang lebih besar pada agen-agen lainnya, yaitu agen 5,8,4, dan 7; sehingga meminimasi *opportunity value* yang hilang.

Pada rute kendaraan baik MVN-VRP atau NN-VRP terlihat bahwa kendaraan kembali ke depot dan melangsungkan perjalanan kembali

hingga waktu *due time* depot. Hal ini disebut juga *simultaneous vehicle routing* dimana depot bukan merupakan akhir dari rute jika waktu yang tersisa masih ada. Dengan *simultaneous vehicle routing*, kebutuhan kendaraan akan lebih sedikit dan meningkatkan utilitas dari kendaraan.

### KESIMPULAN

Permasalahan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem*) pada jasa pengiriman barang PT. X, diselesaikan dengan dua pendekatan heuristik yaitu *Most Valueable Neighborhood* (MVN-VRP) dan *Nearest Neighbor* (NN-VRP). Hasil komputasi menunjukkan bahwa untuk memaksimalkan nilai kargo yang diangkut atau meminimalkan *opportunity value* yang hilang MVN-VRP lebih baik digunakan dibanding dengan NN-VRP. Meskipun memiliki jarak tempuh yang lebih panjang, rute MVN-VRP lebih optimal dalam optimalisasi nilai kargo.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT. Unilever Indonesia dan Universitas Panca Marga Probolinggo sebagai wadah pengembangan keilmuan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bräysy O, Gendreau M. (2005). *Vehicle Routing Problem With Time Windows, Part II: Metaheuristics. Transportation Science*; 39:119–39.
- Byung-In Kim, Seongbae Kim, Surya Sahoo. (2006). *Waste collection vehicle routing problem with time windows.*
- Chabrier A. (2003). *Vehicle Routing Problem With Elementary Shortest Path Based Column Generation. Working Paper, ILOG, Madrid.*
- Cordeau J-F, Desaulniers G, Desrosiers J, Solomon MM, Soumis F. (2002). *Vrp with time windows.* In: Toth P., Vigo D, editors. *The Vehicle Routing Problem, SIAM monographs on discrete mathematics and applications*, vol. 9. Philadelphia: SIAM; p. 157–93 [chapter 7].
- David Pisinger, Stefan Ropke. (2007). *A General Heuristic For Vehicle Routing Problem.*

- Homberger J, Gehring H. (2005). A Two-Phase Hybrid Metaheuristic For The Vehicle Routing Problem With Time Windows. **European Journal of Operational Research** 2005;162:220–38.
- Irnich S, Villeneuve D. (2003). The Shortest Path Problem With Resource Constraints And K-Cycle Elimination For K3. **Technical Report G-2003-55**, GERAD, Montreal, Canada; September 2003.
- Kallehauge B, Larsen J, Madsen OBG. (2001). Lagrangean Duality Applied On Vehicle Routing With Time Windows—Experimental Results. **Technical Report IMM-REP-2000-8, Informatics and Mathematical Modelling**, Technical University of Denmark, DTU Richard Petersens Plads, Building 321, DK-2800 Kgs. Lyngby.
- Kyung Hwan K, Byung Ki L, Yoon Ho I. (2008). A Heuristics For The Vehicle Routing Problem With Due Times.