

Pemilihan Loker Otomatis sebagai Media Pengumpulan Donasi Bencana Menggunakan Optimasi Dua Fase: *P-Median* dan *VRP*

Samuel Ro Paian Purba¹⁾, Ina Dwi Lasmana²⁾, A.A.N. Perwira Redi³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Logistik, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Jln. Teuku Nyak Arief, Jakarta Selatan, 12220, Indonesia

Email: samuelropaian@gmail.com, inadwilasmana@gmail.com, wira.redi@gmail.com

ABSTRAK

Bencana alam sering kali menyebabkan kerugian material dan kerusakan bangunan yang fatal. Penyaluran dan pengumpulan donasi yang tepat waktu serta terkoordinasi dapat membantu meringankan kerugian yang terjadi. Mekanisme pengumpulan donasi secara umum dilakukan menggunakan dua metode yaitu: *direct delivery* (donatur mengirim donasi langsung ke pusat donasi) dan *direct pickup* (pengumpulan donasi oleh pusat donasi ke lokasi donatur). Dalam penelitian ini diusulkan gagasan yang dapat mengurangi jarak tempuh penyaluran donasi melalui pembukaan loker otomatis sebagai *intermediate depot* yang menghubungkan donatur dengan pusat donasi. Lokasi *intermediate depot* ditentukan melalui dua fase: fase pertama dengan model *p-median* dan fase kedua dengan metode *VRP*. Kedua fase ini menghasilkan biaya jarak lebih kecil jika dibandingkan dengan metode *direct delivery* dan *direct pickup* dengan mampu menghemat biaya hingga 85% dibandingkan dengan *direct delivery* dan 39% dibandingkan dengan *direct pickup*. Dibukanya loker otomatis sebagai *intermediate depot* menjadikan penyaluran donasi yang tepat waktu dan terkoordinasi dapat diwujudkan.

Kata kunci: logistik kebencanaan, penyaluran bantuan, P-median, VRP

1. Pendahuluan

Pada tahun 2018, bencana gempa bumi yang mengakibatkan tsunami cukup parah melanda Palu dan Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Gempa dengan *magnitude 7,4 skala richter* disusul dengan tsunami yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 mengakibatkan ribuan bangunan rusak dan tercatat memakan korban jiwa hingga ribuan orang (Lin, M. dan Henschke, R., 2018). Salah satu keikutsertaan masyarakat dalam upaya penanggulangan dan membantu korban bencana di Palu dilakukan lewat pengumpulan donasi. Di Indonesia, tata cara pengumpulan donasi diatur dalam Keputusan Menteri Sosial Nomor 01/HUK/1995 tentang pengumpulan bantuan untuk korban bencana yang mengacu kepada UU No 9/1991 dimana proses ini termasuk dalam aktifitas logistik kebencanaan. Dalam aturan tersebut tercermin bahwa logistik kebencanaan memiliki peran penting dalam penyaluran bantuan kemanusiaan dengan berprinsip pada peningkatan efektivitas dan efisiensi logistik sehingga komoditas bantuan dapat sampai ke tangan korban secara tepat waktu (Cozzolino, 2012).

Pengumpulan donasi bencana dari masyarakat dibagi menjadi donasi dana dan donasi barang berupa kebutuhan pangan, pakaian dan obat-obatan. Terkait dengan metode pengumpulan donasi barang, metode yang biasa dilakukan yaitu dengan menghimbau masyarakat untuk datang atau mengirimkan donasinya untuk dikumpulkan di pusat donasi bencana. Meskipun, metode ini cukup umum dan lumrah dilaksanakan, namun metode ini masih dapat disempurnakan. Dalam pengumpulan donasi bencana pada umumnya, terdapat hubungan antara jarak titik pusat donasi dengan motivasi masyarakat untuk mengirimkan bantuan donasi. Masyarakat dihimbau untuk mengirimkan bantuannya secara langsung ke pusat donasi, namun hal ini bisa menurunkan minat masyarakat dalam berdonasi mengingat letak pusat donasi yang belum tentu dekat dengan lokasi donatur atau masyarakat yang ingin berdonasi serta memakan biaya pengiriman yang tidak murah. Pengumpulan donasi juga bisa dilakukan dengan

menjemput bantuan dari pusat donasi ke masing masing alamat donatur, namun hal ini dirasa kurang efektif mengingat alamat yang bervariasi serta memakan banyak biaya transportasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut dalam penelitian ini diusulkan gagasan untuk membantu memecahkan masalah berupa pendirian suatu *intermediate depot* sebagai media perantara yang menghubungkan masyarakat dengan pusat donasi. Fasilitas yang cocok sebagai media perantara adalah dengan menggunakan loker otomatis dengan sistem kerja menggunakan kode rahasia untuk memasukan barang serta pengambilan barang (Priambada, 2016).

Konsep utama dari loker otomatis adalah pengguna menyewa satu unit loker otomatis yang dapat diakses untuk mengirim maupun menerima barang. Konsep ini dipilih karena sifatnya yang praktis, lebih cepat, dan memperkecil kemungkinan kehilangan barang. Konsep loker otomatis ini tersedia dalam 24 jam sehingga sangat fleksibel mengingat peningkatan efisiensi donasi bencana sangat dibutuhkan dalam upaya penanggulangan bencana (Priambada, 2016). Berdasarkan prinsip logistik kebencanaan, loker donasi harus ditugaskan di lokasi yang menghasilkan rute dengan biaya paling minimum (Cozzolino, 2012). Dengan asumsi fasilitas loker otomatis telah didirikan, loker otomatis donasi yang selanjutnya disebut *intermediate depot* hanya akan dibuka di loker-loker otomatis tertentu dengan mempertimbangkan beberapa aspek biaya meliputi biaya pendirian fasilitas, jarak fasilitas ke masyarakat, jarak fasilitas ke pusat donasi, serta biaya pengiriman donasi dari fasilitas ke pusat donasi.

Berdasarkan deskripsi tersebut, permasalahan penggunaan loker otomatis untuk donasi masyarakat dan pembuatan rute pengambilan donasi dari masing-masing loker menuju pusat donasi dapat dimodelkan sebagai permasalahan optimasi dengan menggunakan *integer linear programming* dengan fungsi tujuan untuk mendapat biaya minimum yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem donasi tersebut.

Model matematika permasalahan pengumpulan donasi masyarakat ini terbagi dalam dua fase. Fase pertama diselesaikan dengan model *p-median* dan fase kedua diselesaikan dengan metode *Vehicle Routing Problem*. Adapun kontribusi dari penelitian ini dapat dideskripsikan sebagai berikut.

1. Pengajuan ide penggunaan loker otomatis sebagai *intermediate depot* untuk pengumpulan donasi dari masyarakat dengan menggunakan model *p-median*.
2. Pembuatan model matematika berbentuk *integer programming* dua fase yang dibangun berdasarkan model *VRP (Vehicle Routing Problem)*.

Bagian selanjutannya dari artikel ini membahas tujuan, metode penelitian, data, model matematika, hasil dan pembahasan, kemudian kesimpulan.

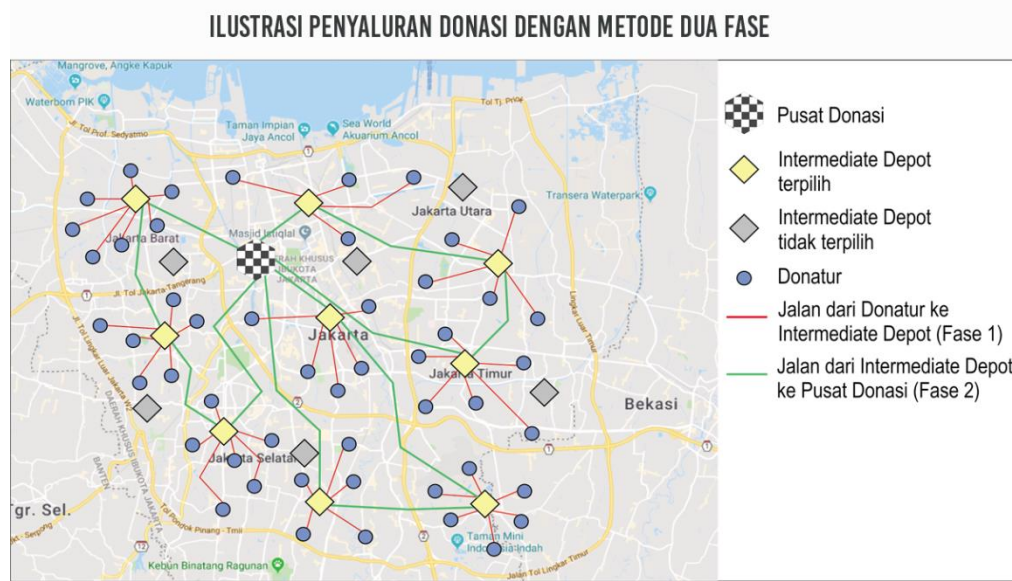
2. Metode

Pertama, definisi permasalahan dibuat berdasarkan tujuan dan batasan masalah yang dipertimbangkan, kemudian penulis mengembangkan model matematika berdasarkan definisi permasalahan tersebut. Pada implementasinya, model yang dibentuk terdiri dari dua fase model optimasi yang kami sebut sebagai model dengan fase pertama dan fase kedua. Adapun tahapan yang dilakukan penulis untuk mendapatkan solusi dari permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data berkaitan dengan lokasi donatur, lokasi loker-loker otomatis, lokasi pusat donasi, serta jumlah donasi pada tiap donatur.
2. Menggunakan data yang didefinisikan pada tahap sebelumnya sebagai *input* pada model matematika fase pertama yaitu model *p-median*. Fase pertama menghasilkan *output* berupa lokasi *intermediate depot*/lokasi loker otomatis yang digunakan, serta rute perjalanan pengumpulan donasi dari dari lokasi donatur ke *intermediate depot* beserta biayanya.

- Menggunakan *output* tahap kedua sebagai *input* pada fase kedua yaitu model *VRP*, menghasilkan *output* berupa rute perjalanan pengumpulan donasi dari pusat donasi ke *intermediate depot*/ loker otomatis beserta biayanya.
- Membandingkan biaya pada tahap kedua dengan biaya *direct delivery* dan membandingkan biaya tahap ketiga dengan biaya *direct pickup*.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi pemilihan loker otomatis yang digunakan sebagai *intermediate depot* sebagai media pengumpulan donasi. Penelitian ini juga melakukan perbandingan biaya pada metode pengumpulan donasi konvensional dengan pengumpulan donasi menggunakan loker otomatis. Secara lebih jelas konsep *intermediate depot* dengan dua fase diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Penyaluran Donasi dengan *Intermediate Depot*

Pengumpulan data

Data yang digunakan pada model optimasi dua fase difabrikasi secara acak berdasarkan karakteristik data sebenarnya.

Tabel 1. Data 15 Lokasi Loker Otomatis

No	Garis Lintang	Garis Bujur	Lokasi
1	-6,15203	106,9183	Jakarta Utara
2	-6,15634	106,8983	
3	-6,1622	106,8926	
4	-6,22329	106,8983	Jakarta Timur
5	-6,23973	106,9349	
6	-6,18024	106,9039	
7	-6,20228	106,8017	Jakarta Pusat
8	-6,16858	106,8774	
9	-6,14473	106,8166	
10	-6,15807	106,7659	Jakarta Barat
11	-6,1764	106,7893	
12	-6,16639	106,7282	
13	-6,26102	106,8128	Jakarta Selatan
14	-6,24273	106,7961	
15	-6,25645	106,8519	

Data lokasi dipilih secara acak berdasarkan lokasi loker otomatis salah satu perusahaan swasta penyedia jasa loker otomatis di Jakarta. Lokasi donatur dipilih secara acak berdasarkan sebaran lokasi di daerah Jakarta dan sekitarnya. Informasi jarak antar lokasi loker dan donatur didapatkan berdasarkan *Google API*. Data jumlah donasi dibuat secara acak dengan jumlah antara 1 hingga 8. Total terdapat 100 lokasi donatur, 15 lokasi loker otomatis, dan 1 lokasi pusat donasi yang semuanya tersebar di wilayah Jakarta. Data lokasi 15 loker otomatis yang tersedia dapat dilihat pada Tabel 1. Data yang dikumpulkan adalah data yang berhubungan dengan lokasi donatur, lokasi loker-loker otomatis, lokasi pusat donasi, serta jumlah donasi pada masing-masing donatur.

Model matematika fase pertama dengan *p-median problem*

Model *p-median* adalah salah satu model permasalahan penentuan lokasi fasilitas yang memiliki tujuan untuk memilih fasilitas sejumlah p sedemikian hingga jumlah jarak dari setiap titik permintaan ke fasilitas terdekat dapat diminimalkan (Daskin, 2013). Terdapat 100 titik donatur dan jumlah *intermediate* depot yang ingin dibuka adalah 9 lokasi dari 15 lokasi loker otomatis yang sudah ada. Tiap loker otomatis memiliki kapasitas 70 kotak loker. Diasumsikan 1 kotak loker disewakan untuk 1 pengguna dan 1 donasi. *P-median* pada penelitian ini digunakan untuk mencocokkan lokasi donatur dengan lokasi *intermediate* depot yang ada, keluaran yang dihasilkan adalah untuk mendapatkan 9 lokasi fasilitas *intermediate depot* yang digunakan. Permasalahan *p-median* untuk menentukan 9 lokasi *intermediate* depot dituliskan sebagai berikut (Xi et. Al, 2013).

Set dan parameter

h_i	Jumlah donasi tiap donatur di titik i
P	Jumlah <i>intermediate</i> depot yang ingin dibangun
d_{ij}	Jarak antara lokasi donatur (titik i) dan calon <i>intermediate</i> depot (titik j)

Variabel keputusan

$Y_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	1 apabila donasi di titik $i \in I$ terlayani oleh <i>intermediate</i> depot di titik $j \in J$ 0 apabila tidak
$X_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	1 apabila lokasi <i>intermediate</i> depot dibuka di titik $j \in J$ 0 apabila tidak

Fungsi tujuan dan batasan

$$\text{Min } \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (3)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (6)$$

Dengan tujuan meminimalkan biaya jarak yang dikeluarkan dari lokasi donatur (i) ke lokasi *intermediate* depot (j) dan biaya jarak diasumsikan sebesar 1 rupiah/km (1), donasi yang berasal dari satu titik lokasi donatur yang sama hanya dapat diletakkan pada tepat satu *intermediate* depot (2). Konstrain (3) menjelaskan bahwa jumlah *intermediate* depot yang dibuka berjumlah p buah dimana p bernilai 9 buah, konstrain (4) menjelaskan bahwa donasi di titik i tidak dapat diletakkan di *intermediate* depot j , jika dan hanya jika lokasi titik i dapat dijangkau oleh kendaraan dari titik j . Hasil dari fase ini adalah : (1) biaya jarak yang harus dikeluarkan untuk menyalurkan donasi dari seluruh titik donatur ke *intermediate* depot, dan (2) fasilitas loker otomatis yang dibuka sebagai *intermediate* depot sebagai input *VRP* pada fase kedua.

Model matematika fase kedua dengan *vehicle routing problem (VRP)*

VRP adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan rute perjalanan ketika terdapat m buah kendaraan untuk mengantarkan sejumlah barang dari 1 depot kepada n lokasi permintaan (Daskin, 2013). Terdapat 9 *intermediate* depot yang dibuka yang lokasinya didapat dari fase 1. Pusat donasi memiliki 10 buah kendaraan dan masing-masing kendaraan memiliki kapasitas 70 buah kotak. Jumlah donasi di setiap *intermediate* depot didapat dari penjumlahan donasi yang masuk pada *intermediate* depot yang sama. Metode *VRP* untuk menentukan rute pengambilan donasi dituliskan sebagai berikut. Biaya jarak diasumsikan 1 rupiah/km.

Set dan parameter

N	Set dari titik dengan $\{1..n\}$ adalah <i>intermediate</i> depot dan 0 adalah pusat donasi
c_{ij}	Jarak dari titik i (<i>intermediate</i> depot) ke titik j (pusat donasi) dimana $(i, j) \in N$
K	Jumlah kendaraan
C_{ap}	Kapasitas kendaraan
d_i	Jumlah donasi di <i>intermediate</i> depot i dimana $i \in N$

Variabel keputusan

$X_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	1 apabila rute (i, j) muncul pada rute optimal 0 jika tidak
u_i, u_j	Variabel yang digunakan untuk menerapkan eliminasi sub tur

Fungsi tujuan dan batasan

$$\text{Min } \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} X_{ij} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N; i \neq j} X_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (9)$$

$$\sum_{j \in N; i \neq j} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (10)$$

$$\sum_{j \in N \setminus \{0\}} X_{0j} \leq K \quad (11)$$

$$u_j - u_i + C_{ap} * X_{ij} \leq C_{ap} - d_i \quad i \neq j; \quad (12)$$

$$\forall j \in N \setminus \{0\};$$

$$\forall i \in N \setminus \{0\};$$

$$d_i \leq u_i \leq C_{ap} \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (13)$$

$$u_i \geq 0; u_j \geq 0 \quad \forall i \in N, \forall j \in N \quad (14)$$

Dengan tujuan meminimalkan biaya jarak pengambilan donasi dari pusat donasi ke *intermediate* depot yang dibuka, konstrain (2) dan (3) memastikan jika kendaraan akan mengambil donasi dan meninggalkan *intermediate* depot tepat sekali angkut. Konstrain (4) menunjukkan bahwa pada tiap rute yang dipilih, jumlah donasi yang diambil tidak melebihi kapasitas kendaraan, konstrain (5) dan seterusnya digunakan dalam eliminasi sub tur yang memastikan *intermediate* depot yang sama tidak dikunjungi lebih dari satu kali. Kendaraan akan bergerak dari pusat donasi sebagai titik awal menuju *intermediate* depot yang jaraknya terdekat. Jika kendaraan mengunjungi satu *intermediate* depot dan kapasitasnya kurang dari jumlah donasi di *intermediate* depot tersebut, maka kendaraan akan kembali ke pusat donasi untuk mengganti kendaraan. Setelah diganti dengan kendaraan baru berkapasitas penuh, kendaraan akan meneruskan rute perjalanannya dan begitu seterusnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Permasalahan pada kedua fase diselesaikan dengan perangkat lunak AMPL menggunakan *solver* Gurobi pada komputer PC dengan prosesor Intel(R) Celeron (R) CPU 10070 @ 1.50GHz RAM 2 GB. Setiap fase dilakukan 5 kali replikasi percobaan dengan data acak yang berbeda. Hasil dari fase pertama dan kedua akan dibandingkan dengan pengambilan donasi langsung dari pusat donasi ke donatur (*direct delivery*) serta pengambilan donasi oleh pusat donasi ke lokasi-lokasi donatur (*direct pick up*).

Hasil Algoritma Dua Fase Untuk Pengumpulan Donasi dengan *Intermediate Depot*

Pada fase pertama didapatkan hasil seperti pada Tabel 2. Untuk fase pertama, dilakukan 3 skenario jumlah fasilitas yaitu 5,7, dan 9. Hasil menunjukkan bahwa makin banyak jumlah fasilitas, biaya jarak yang dihemat akan semakin besar untuk memenuhi luas area dan jumlah donasi yang sama. Maka dari itu, skenario 9 *intermediate* depot dipilih.

Tabel 2. Biaya Jarak Fase Pertama

Replikasi ke-	Fasilitas yang Didirikan	Jumlah Donasi	Biaya	Replikasi ke-	Fasilitas yang Didirikan	Jumlah Donasi	Biaya
1	F1	64	399.653	4	F1	70	365.986
	F3	70			F3	70	
	F4	67			F4	37	
	F5	33			F5	60	
	F9	67			F9	57	
	F10	70			F10	70	
	F12	42			F12	29	
	F13	50			F13	61	
	F14	36			F14	52	
2	F1	64	363.042	5	F1	70	354.319
	F3	69			F3	57	
	F4	67			F4	43	
	F5	33			F5	70	
	F9	67			F9	67	
	F10	70			F10	69	
	F12	42			F12	70	
	F13	50			F13	68	
	F14	36			F15	39	
3	F1	69	389.792				
	F3	51					

	F4	41		
	F5	53		
	F9	52		
	F10	65		
	F12	44		
	F13	67		
	F14	55		

Biaya jarak untuk setiap replikasi percobaan dapat dilihat pada Tabel 2 dengan satuan rupiah. Skenario 9 fasilitas menghasilkan biaya jarak yang paling minimal dibandingkan skenario 3 dan 5 fasilitas karena belum mempertimbangkan biaya pendirian fasilitas. Biaya pendirian fasilitas akan dipertimbangkan jika dilakukan perencanaan jangka panjang untuk pendirian *intermediate* depot yang melibatkan pengelolaan dana dan investasi. Penelitian ini hanya berfokus pada keefektifan sistem penyaluran donasi secara general sehingga hanya biaya jarak yang dipertimbangkan.

Untuk fase kedua, dilakukan pengambilan donasi oleh pusat donasi ke *intermediate* depot yang dibuka. Pada fase ini juga didapatkan rute perjalanan pengambilan donasi yang berguna untuk penjadwalan kendaraan pada pusat donasi. Tabel 3 menunjukkan rute perjalanan dan biaya jarak yang dihasilkan untuk 5 percobaan dengan satuan rupiah.

Tabel 3. Biaya Jarak Fase Kedua (*PD = Pusat Donasi)

Replikasi ke-	Rute Pengambilan Donasi	Biaya Jarak
1	PD-F1-PD-F3-PD-F4-PD-F9-PD-F10-F12-PD-F13-PD-F14-F5-PD	221.113
2	PD-F1-PD-F4-PD-F5-PD-F6-PD-F9-F10-PD-F12-PD-F13-PD-F14-PD	232.622
3	PD-F1-PD-F4-PD-F5-PD-F6-PD-F9-F10-PD-F12-PD-F13-PD-F14-PD	232.622
4	PD-F1-PD-F4-PD -F6-PD-F9-PD-F10-PD-F12-PD-F5-PD-F13-PD-F14-PD	229.268
5	PD-F1-PD-F4-PD-F5-PD-F6-PD-F9-F10-PD-F12-PD-F13-PD-F15-PD	242.578

Setiap rute diawali dan berakhir pada pusat donasi. Jika setelah mengunjungi *intermediate* depot rute perjalanannya kembali ke pusat donasi, artinya terjadi pergantian kendaraan karena kendaraan sebelumnya tidak lagi cukup menampung donasi pada lokasi selanjutnya. Karena pada penelitian ini diasumsikan kendaraan merupakan milik sendiri, biaya jarak bisa diperkecil lagi dengan memperbesar kapasitas kendaraan. Jika kendaraan yang digunakan adalah kendaraan sewa, alternatif tersebut tidak efektif karena menghasilkan biaya lebih tinggi dengan asumsi makin besar kapasitas kendaraan makin besar biaya sewanya.

Perbandingan Biaya Metode Fase Pertama Model *P-Median* dengan Sistem *Direct Delivery*

Biaya dari masing-masing fase kemudian dibandingkan dengan sistem donasi langsung. Sistem donasi langsung dapat dilakukan dengan dua cara, cara yang pertama dilakukan dengan *direct delivery* yaitu masyarakat mengirim donasi secara langsung ke pusat donasi secara mandiri dan individu (pada sistem ini juga terdapat 100 lokasi donatur). Sistem donasi langsung cara kedua dilakukan dengan *direct pickup* yaitu pusat donasi langsung menghampiri masyarakat yang ingin menyumbang satu persatu, pada sistem ini digunakan metode *VRP* dengan 10 kendaraan dan 70 kotak kapasitas. Perbandingan biaya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan Biaya Fase Pertama terhadap *Direct Delivery Cost*

Replikasi ke-	Biaya Fase Pertama	<i>Direct Delivery Cost</i>	Persentase Selisih
1	399.653	2.459.968	84%
2	363.042	2.427.304	85%
3	389.792	2.379.182	84%
4	365.986	2.521.738	85%
5	354.319	2.597.012	86%
Rata-rata	374.558,3	2.477.040,8	85%

Tabel 4 merupakan perbandingan biaya antara fase pertama *p-median* terhadap biaya *direct delivery*. Dilihat dari sudut pandang donatur, metode *p-median* pada fase pertama menghasilkan biaya perjalanan yang lebih kecil dibandingkan pengiriman donasi langsung ke pusat donasi dengan penghematan yang dilakukan mencapai 500%. Adanya *intermediate* depot mengurangi jarak yang harus ditempuh donatur untuk mengirimkan donasi hingga setengahnya, sehingga biaya perjalanan donatur menjadi lebih kecil.

Perbandingan Biaya Metode Fase Kedua Model *VRP* dengan Sistem *Direct Pickup*

Pada Tabel 5 disajikan perbandingan biaya perjalanan fase kedua *VRP* dan biaya *direct pick up*. Dilihat dari sudut pandang pusat donasi, *VRP* pada fase kedua juga menghasilkan biaya yang lebih kecil. Dibandingkan mengambil donasi satu persatu ke donatur yang lokasinya menyebar, adanya *intermediate* depot terbukti mampu mengurangi jarak tempuh kendaraan sehingga biaya juga dapat dihemat hingga 60%. Karena dua alasan ini, maka model dua fase yang ditawarkan valid dan mampu menghasilkan algoritma baru yang menghemat biaya perjalanan pengumpulan donasi dari dua sudut pandang, donatur dan pusat donasi.

Tabel 5. Perbandingan Biaya Fase Kedua terhadap *Direct Pick Up Cost*

Replikasi ke-	Biaya Fase Kedua	<i>Direct Pick Up Cost</i>	Persentase Selisih
1	221.113	416.986	47%
2	232.622	388.930	40%
3	232.622	361.111	36%
4	229.268	405.676	43%
5	242.578	330.404	27%
Rata-rata	231.640,6	380.621,4	39%

4. Simpulan

Loker-loker otomatis dapat digunakan sebagai konsep awal pembukaan *intermediate* depot sebagai penyalur donasi dari donatur ke pusat donasi secara legal. Jumlah *intermediate* depot yang optimal dapat ditentukan dengan menggunakan metode dua fase yang merupakan gabungan metode *p median* pada fase pertama dan metode *VRP* pada fase kedua. Metode dua fase terbukti menghemat biaya hingga 85% dibandingkan *direct delivery* dan menghemat 39% dibandingkan dengan *direct pickup*. Dengan dibukanya loker-loker otomatis di Indonesia sebagai *intermediate* depot dapat membantu tersambungannya rantai logistik bencana dengan tetap menerapkan prinsip efektif dan efisien.

Solusi untuk metode dua fase ini masih dapat dioptimalkan karena posisi *intermediate depot* yang dekat dengan donatur belum tentu dekat juga dengan pusat donasi, hal ini dapat menimbulkan *trade off* dan berpengaruh pada nilai fungsi tujuan. Untuk mengurangi *trade off*, diperlukan model paralel dengan metode *two-echelon*. Ketika jumlah donatur semakin besar, terdapat kemungkinan masalah tidak dapat diselesaikan karena kompleksitasnya meningkat sehingga metode dua fase ini masih dapat dikembangkan dengan metode heuristik ataupun metaheuristik.

Daftar Pustaka

- _____. Kementrian Sosial Republik Indonesia/Kemensos. (1995). Keputusan Mensos RI No: 1/HUK/1995 tentang Pengumpulan Sumbangan Untuk Korban Bencana. https://peraturan.bkpm.go.id/jdih/userfiles/batang/Depkopsos_1_1995.pdf, Diunduh pada 10 Maret 2019.
- Cozzolino, A. (2012). *Cross-Sector Operation in Disaster Relief Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Jerman.
- Daskin, Mark S. (2013). *Network and Discrete Location Models, Algorithms, and Applications*. Edisi ke-2. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. AS.
- Lin, M. dan Henschke, R. (2018). *Gempa, tsunami dan likuifaksi: Rangkaian bencana di Palu yang perlu Anda ketahui*. [online] BBC News Indonesia. Available at: <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-45832237> [Accessed 10 Mar. 2019].
- Priambada, A. (2016). *Layanan Smart Locker PopBox Asia Peroleh Pendanaan Awal dari East Ventures*. [online] Popbox.asia. Available at: <https://www.popbox.asia/article/20161122/dailysocial-popbox/15> [Accessed 10 Mar. 2019].
- Xi, M., Ye, F., Yao, Z. dan Zhao, Q. (2013). *A Modified p -Median Model for the Emergency Facilities Location Problem and Its Variable Neighbourhood Search-Based Algorithm*. *Journal of Applied Mathematics*. Article ID 375657.