

STUDI LITERATUR: ANALISIS DISTRIBUSI MASALAH LOKASI FASILITAS UNTUK LOGISTIK BANTUAN KEMANUSIAAN

LITERATURE REVIEW: ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION PROBLEMS OF FACILITY LOCATION FOR HUMANITARIAN AID LOGISTICS

Lana Syakina* dan Sri Nurdiati

Program Studi Magister Matematika Terapan, Fakultas FMIPA IPB University Bogor, Indonesia

*Email: syakina_lana01@apps.ipb.ac.id

Diterima: 4 Februari 2021. Disetujui: 5 Februari 2021. Dipublikasikan: 3 Maret 2021

Abstrak: Bencana adalah setiap peristiwa atau kejadian yang disebabkan oleh faktor alam dan/atau faktor non alam yang dapat mengakibatkan timbulnya kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, gangguan ekologis, dan hilangnya jiwa manusia. Model pada masalah lokasi fasilitas yang terkait dengan model optimasi logistik merupakan pendekatan penting dalam manajemen bencana. Studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode eksak dan metode heuristik tersebut dalam menentukan distribusi masalah lokasi fasilitas untuk logistik bantuan kemanusiaan. Metode yang dilakukan melalui penelusuran artikel pada situs Google Scholar, Science Direct, dan Informs Journal. Hasil penelusuran adalah mendapatkan 12 artikel yang memenuhi kriteria untuk dikaji. Penerapan untuk metode eksak dan metode heuristik dapat dilakukan secara terpisah maupun dikolaborasi untuk mendapatkan solusi dari model yang sudah dibangun. Solusi yang diperoleh melalui metode eksak merupakan hasil optimal, namun untuk kasus dengan skala besar dan masalah yang rumit, metode heuristik dapat digunakan. Metode heuristik memungkinkan waktu penyelesaian solusi lebih cepat jika dibandingkan dengan metode eksak.

Kata Kunci: Logistik Kemanusiaan, Masalah Lokasi Fasilitas, Metode Eksak, Metode Heuristik

Abstract: Disaster is a phenomenon or incident caused by natural factors and/or non natural factors that can result in environmental damage, property loss, ecological disturbance, and loss of human life. The model of facility location problem in terms of logistics optimization model is an important approach in disaster management. This literature study aims at analyzing the application of exact methods and heuristic methods to determine the distribution of facility location problems for humanitarian aid logistics. The method used in this study is by searching articles on the Google Scholar, Science Direct, and Informs Journal sites. As a result, we find out that 12 articles meet the criteria for review. The application for the exact method and heuristic method can be done separately or in collaboration to get a solution from the model that has been built. The solutions by exact methods is the optimum results, however for large scales and complicated problems, heuristics methods can be implemented. Heuristic methods can result in faster solutions rather than exact methods.

Keywords: *Exact Methods, Facility Location Problem, Heuristic Methods, Humanitarian Logistics*

PENDAHULUAN

Bencana merupakan peristiwa yang mengganggu dan mengancam kehidupan masyarakat yang dapat disebabkan oleh faktor alam dan non alam. Bencana alam adalah bencana yang disebabkan oleh peristiwa alam berupa gunung meletus, tsunami, gempa bumi, tanah longsor, dan angin topan. Bencana non alam adalah bencana yang disebabkan oleh peristiwa non alam seperti wabah penyakit, polusi limbah, epidemi, dan gagal teknologi. The *World Health Organization* (WHO) mendefinisikan bencana sebagai kejadian yang dapat menyebabkan kerusakan, kehancuran, kehilangan ekologi, kehilangan dan penderitaan manusia, serta kemerosotan kesehatan.

Penanganan atau manajemen bencana merupakan sebuah upaya untuk meringankan atau memperkecil dampak negatif, seperti kerusakan

dan kerugian yang ditimbulkan akibat bencana, bukan mencegah bencana yang dapat terjadi. Kegiatan utama dalam manajemen bencana adalah pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, respons, pemulihan, dan pengembangan. Logistik kemanusiaan merupakan salah satu operasi yang dilibatkan dalam menjalankan tiga tahapan kegiatan manajemen bencana, yaitu kesiapsiagaan, respons, dan pemulihan. Kesiapsiagaan diartikan dengan tindakan yang memungkinkan pemerintah, organisasi, komunitas, dan individu agar menanggapi dengan cepat dan efektif apabila terjadi bencana. Respons diartikan sebagai tindakan yang diambil segera ketika sebelum dan sesudah terjadi bencana. Tindakan tersebut diarahkan untuk menyelamatkan hidup manusia dan melindungi properti akibat kerusakan selama bencana berlangsung. Pemulihan diartikan dengan proses

dari suatu individu, komunitas, organisasi, bahkan negara yang telah dibantu agar dapat kembali menjalankan fungsi dengan sebagaimana mestinya setelah bencana [1].

Logistik kemanusiaan digambarkan dengan serangkaian proses evakuasi masyarakat dari daerah yang terkena bencana ke tempat yang aman, merencanakan dan mengendalikan aliran penyimpanan barang dan bahan agar efisien serta hemat biaya, sembari mengumpulkan informasi dari titik asal bencana ke titik penempatan evakuasi untuk meringankan penderitaan orang-orang yang rentan. Keparahan bencana semakin meningkat setiap tahun, sehingga para peneliti lebih memerhatikan manajemen bencana dalam menangani logistik kemanusiaan, dengan optimasi, pengambilan keputusan, dan simulasi yang diusulkan sebagai pendekatan utama. Model lokasi fasilitas yang melibatkan lokasi dan pemilihan pusat distribusi, pusat kesehatan, gudang, dan lokasi lainnya merupakan pendekatan penting dalam manajemen bencana. Para peneliti menekankan model optimasi logistik bantuan kemanusiaan sebagai elemen penting dari masalah lokasi fasilitas bencana. Dua pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah lokasi fasilitas dalam optimasi logistik yaitu metode eksak dan metode heuristik [2]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode eksak dan metode heuristik dalam menentukan distribusi masalah lokasi fasilitas untuk logistik bantuan kemanusiaan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur atau pendekatan teoritis, yaitu rangkaian penelitian yang objek penelitiannya diperoleh melalui berbagai informasi kepustakaan. Data dan informasi objek penelitian yang akan dikaji mengenai penyelesaian optimasi masalah lokasi fasilitas logistik bantuan kemanusiaan yang diselesaikan dengan metode eksak dan metode heuristik. Sumber atau informasi pustaka yang dapat digunakan berasal dari buku, karya ilmiah, jurnal, dan artikel yang dapat ditemukan dari situs-situs yang menunjang pencarian terkait. Sumber tersebut kemudian dikaji sesuai dengan masalah penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelusuran didapatkan 12 artikel yang memenuhi kriteria untuk dikaji. Persentase artikel dari penelitian dengan metode eksak sebesar 58.33%, metode heuristik sebesar 25%, serta metode eksak dan metode heuristik sebesar 16.67%. Karakteristik dari penelitian terkait ditampilkan melalui Tabel 1.

Masalah Lokasi Fasilitas

Masalah lokasi fasilitas atau *facility location problem* berperan penting dalam pengoperasian efisiensi sistem manufaktur, pabrik kimia, serta beberapa organisasi layanan. Setiap model memiliki perbedaan dan persamaan yang relatif satu sama lain, namun kekhasan setiap permasalahan memberi dasar untuk ratusan penelitian. Masalah tersebut digambarkan oleh [3] melalui suatu himpunan N lokasi fasilitas potensial dan suatu himpunan klien i . Fasilitas ditempatkan di lokasi j dan membutuhkan biaya F_j . Setiap klien memiliki permintaan untuk jenis barang tertentu, dan total biaya untuk memenuhi permintaan klien i dari fasilitas di j adalah C_{ij} . Permasalahan dalam kasus ini adalah memilih bagian dari lokasi untuk menempatkan fasilitas dan kemudian menugaskan klien ke fasilitas ini untuk meminimalkan biaya total.

Logistik Kemanusiaan

Logistik kemanusiaan atau *humanitarian logistics* merupakan proses logistik yang digunakan untuk kasus operasi bidang kemanusiaan. Kegiatan yang menjadi bagian dari proses ini yaitu : (1) mengirimkan perbekalan yang sesuai dengan kondisi yang baik; (2) mempertimbangkan koordinasi dan prioritas terhadap pembagian penggunaan transportasi yang terbatas; (3) menyimpan, mementaskan dan memindahkan komoditas curah; (4) memindahkan masyarakat ke tempat yang lebih baik; (5) melakukan pengiriman khusus dari luar daerah yang terkena dampak bencana [4]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [5] terdapat beberapa pelaku yang terlibat dalam kegiatan logistik kemanusiaan seperti pemerintah, pendonor, lembaga bantuan, organisasi internasional dan regional (IGO), organisasi internasional non-pemerintah (INGO), organisasi non-pemerintah (NGO), petugas keamanan, media, organisasi komersial dan sektor privat, warga setempat dan kepemilikannya.

Formulasi Matematika

Model distribusi logistik bantuan kemanusiaan berikut merupakan modifikasi formula yang dirumuskan oleh [6] dalam penelitiannya.

❖ Himpunan

- T : Panjang horizon perencanaan
- C : Himpunan semua titik-titik
- CD : Himpunan titik permintaan
- CS : Himpunan titik pasokan
- A : Himpunan komoditas

❖ Parameter

- d_{aot} : Jumlah komoditas jenis a (permintaan) yang diperlukan atau disuplai oleh titik pada waktu t (unit)

d_{aot} bernilai positif untuk suplai
 d_{aot} bernilai negatif untuk permintaan
 ❖ Variabel Keputusan

R_{apovmt} : Suplai yaitu jumlah komoditas jenis a yang dialokasikan pada garis busur (o,p) .

Tabel 1. Karakteristik penelitian yang dikaji

Peneliti	Tipe lokasi fasilitas	Tipe bencana	Studi kasus	Metode solusi	Perangkat lunak
Ariyana [9]	Posko bantuan	Gempa bumi dan tsunami	Padang, Indonesia National	Metode eksak	LINGO 8.0
Balcik dan Beamon [11]	Pusat distribusi	Gempa bumi	Geophysical Data Center (NGDC 2007)	Metode eksak	GAMS atau Cplex
Boonmee dan Kasemset [12]	Lokasi gudang	Banjir	Pichit, Thailand	Metode eksak	LINGO 16.0
Duran <i>et al.</i> [13]	Lokasi gudang persediaan	Bencana alam	CARE International	Metode eksak	CPLEX 12
Hu <i>et al.</i> [16]	Lokasi penampungan	Gempa bumi	Chaoyang, Beijing	Algoritme genetik	Visual Basic
Kongsomsaksakul <i>et al.</i> [17]	Lokasi penampungan	Banjir	Kota Logan, Utah	Algoritme genetik	Mike21
Kusumastuti <i>et al.</i> [14]	Fasilitas logistik	Banjir	Jakarta, Indonesia	Metode eksak	AIMMS 3.8
Manopiniwes <i>et al.</i> [15]	Pusat distribusi	Banjir	Thailand	Metode eksak	Gurobi 5.6.2
Paul dan Hariharan [19]	Lokasi persediaan dan alokasi kapasitas	Badai dan gempa bumi	New Orleans dan Northridge, California	Algoritme clustering K-means, algoritme pengelompokkan pasien, dan metode eksak	HAZUS-MH
Salman dan Yucel [18]	Lokasi fasilitas respons darurat	Gempa bumi	Istanbul, Turki	Tabu search	GAMS 23.3 dan CPLEX 12.2
Sugiarto <i>et al.</i> [10]	Pos bantuan atau depo	Banjir	Gresik, Indonesia	Metode eksak	Excel
Verma dan Gaukler [20]	Fasilitas tanggap bencana dan pusat populasi	Gempa bumi	California	Metode eksak, modifikasi L-shaped, dan pendekatan heuristik untuk masalah master	CPLEX 12

S_{apovmt} : Jumlah komoditas jenis a yang dialokasikan pada garis busur (o,p) di waktu t

D_{aot} : Jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk komoditas jenis a di titik permintaan o pada waktu t (unit)

❖ Fungsi Objektif

Masalah pendistribusian ini memiliki fungsi objektif (*objective function*) yaitu meminimumkan jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas pada seluruh titik permintaan selama rentang waktu perencanaan.

$$\text{Min} = \sum_{a \in A} \sum_{o \in CD} \sum_{t \in T} D_{aot}$$

❖ Kendala

1. Kendala keseimbangan aliran barang di titik permintaan dan titik persinggahan, yaitu jumlah komoditas yang didistribusikan dari titik o harus sama dengan banyaknya komoditas yang diterima oleh titik p .

$$\sum \Sigma [-\sum R_{apovmt} + \sum R_{apovmt} + S_{apovmt} - D_{aot}] = d_{aot} \quad \forall a \in A, \forall o \in CD$$

2. Kendala keseimbangan aliran barang di titik pasokan, yaitu jumlah komoditas yang didistribusikan dari titik o harus lebih kecil atau sama dengan banyaknya komoditas yang tersedia oleh titik o .

$$\sum \sum [-\sum R_{apovmt} + \sum R_{apovmt} + \sum S_{apovmt}] \leq d_{aot} \\ \forall a \in A, \forall o \in CS, \forall t \in T$$

3. Kendala ketaknegatifan, yaitu kendala yang menjamin nilai minimum dari variabel keputusan (*decision variable*) adalah nol, sehingga tidak akan bernilai negatif.

$$R_{apovmt} \geq 0, S_{apovmt} \geq 0, D_{aot} \geq 0$$

Masalah Lokasi Fasilitas untuk Logistik Bantuan Kemanusiaan

Banyak masalah logistik yang diselesaikan dengan memanfaatkan literatur terkait riset operasi. Masalah lokasi dan desain jaringan merupakan salah satunya. Ketika menyelesaikan desain jaringan, ada submasalah yang ditangani, seperti *routing*, *allocation*, dan *location routing problems*. Logistik kemanusiaan membutuhkan pola serupa dalam pendekatan riset operasi yang digunakan. Masalah logistik yang paling mendasar adalah masalah lokasi fasilitas, sehingga masalah tersebut merupakan pendekatan paling umum yang digunakan dalam literatur logistik bantuan [7]. Pemanfaatan area untuk distribusi logistik bantuan atas dasar permasalahan riset operasi dapat berupa lokasi tempat penampungan, lokasi gudang dan praposisi inventaris, serta lokasi evakuasi.

Model optimasi pada keadaan darurat untuk lokasi fasilitas logistik bantuan kemanusiaan yang dijelaskan oleh [2] memiliki variasi berdasarkan tujuan perencanaan lokasi fasilitas, situasi (kepastian, ketidakpastian, dan risiko data), durasi (jangka pendek atau jangka panjang), jumlah lokasi, pola pelayanan, juga jenis komoditas yang dibutuhkan. Ada beberapa klasifikasi atau penggolongan yang terdapat dalam penelitian ini. Melalui survei model yang telah dilakukan, model-model tersebut dapat dipisah berdasarkan jenis pemodelan data (*deterministic*, *stochastic*, *dynamic*, dan *robust*) dan jenis masalah lokasi fasilitas (*minisum*, *set covering*, *maximal covering*, *minimax*, dan *obnoxious*). Klasifikasi tujuan yang diidentifikasi sebagian besar terdiri atas risiko, ketercukupan permintaan, kesesuaian permintaan, jumlah fasilitas yang dipilih, waktu evakuasi, waktu pengangkutan, jarak pengangkutan, biaya pengangkutan, biaya tetap pada fasilitas yang dipilih, biaya operasi di fasilitas yang dipilih, serta jumlah titik permintaan. Kendala yang diterapkan dapat berupa : (1) kendala kapasitas, seperti kendaraan, titik penghubung, suplai, jalan raya, barang, hingga fasilitas yang keberadaannya bersifat tetap atau sementara; (2) kendala persyaratan dan batasan, seperti anggaran, jumlah depot, jumlah kendaraan, jumlah fasilitas, interval waktu pengiriman, jarak minimal dan maksimal, dan sebagainya; (3) kendala lain yang tidak termasuk dua kondisi sebelumnya. Metode solusi

untuk model yang dapat diselesaikan dengan algoritme eksak dan algoritme heuristik.

Penelitian dengan Metode Eksak

Metode eksak dikenal dengan metode optimasi karena melakukan pendekatan pencarian solusi dengan menghitung setiap kemungkinan solusi hingga menghasilkan jawaban terbaik (optimal) [8]. Pendekatan metode optimasi menggunakan *linear programming* berdasarkan perhitungan pemrograman matematis. Pemrograman linear atau *linear programming* (LP) merupakan kasus khusus dalam pemrograman matematika yang memperoleh hasil optimal dari suatu model matematika yang disusun berdasarkan hubungan linear. *Integer programming* (IP) atau *integer linear programming* (ILP) merupakan LP jika sebagian atau semua variabel yang digunakan berupa bilangan bulat (integer) tak negatif. Terdapat tiga solusi untuk memecahkan masalah pengoptimasian dengan IP, yaitu *pure integer programming*, *mixed integer programming*, dan *0-1 integer programming* [9].

Contoh dari metode ini ada *algorithm branch & X family* (*branch and bound*, *branch and cut*, *branch and price*) yang dikembangkan oleh *operation research community*, *programming constraint*, *dynamic programming*, dan *A* family* sebagai algoritme pencarian. Beberapa perangkat lunak atau *software* yang dapat digunakan untuk menyelesaikan metode eksak, yaitu AMPL, CPLEX, LINDO, OMP, XPRESS yang lebih mudah apabila menggunakan bahasa aljabar [10].

Model linear programming

Penelitian yang dilakukan [11] memodelkan lokasi posko bantuan untuk menangani permasalahan yang ada dengan *linear programming*. Terdapat biaya untuk penggunaan transportasi, pembukaan lokasi posko bantuan, dan biaya inventaris dalam model. Fokus penelitian adalah mencari jumlah optimal posko pembantu, lokasi posko pembantu, dan alokasi bantuan.

Penelitian oleh [12] memodelkan lokasi pos bantuan atau depo dengan *linear programming* dengan memasukkan kendala waktu, kendaraan, dan jumlah permintaan bantuan. Salah satu kerugian bagi korban bencana adalah penanganan bantuan yang tidak didapat maksimal. Solusi yang didapatkan berdasarkan dua fungsi tujuan, pertama memaksimalkan penanganan jumlah korban dan kedua meminimalkan total waktu pengiriman bantuan.

Model mixed integer programming

Model yang dikembangkan [13] untuk menentukan jumlah dan lokasi distribusi dalam jaringan bantuan serta jumlah persediaan bantuan

yang harus disimpan di setiap pusat distribusi untuk memenuhi kebutuhan orang-orang yang terkena dampak bencana. Model ini merupakan variasi dari *maximal covering location model* yang mengintegrasikan lokasi fasilitas dan keputusan inventaris, mempertimbangkan beberapa tipe barang, serta mengetahui kendala anggaran dan batasan kapasitas. Masalah yang terkait penelitian ini diformulasikan dalam bentuk *mixed integer programming* dengan fungsi tujuan memaksimalkan total permintaan yang diharapkan dari pusat distribusi dan melibatkan beberapa kendala tertentu.

Formulasi model pemrograman multi objektif dengan parameter *fuzzy* oleh [14] digunakan untuk logistik bantuan kemanusiaan. Masalah yang terkait model diantaranya lokasi fasilitas terintegrasi, inventaris dan distribusi logistik, serta ketidakpastian pada parameter masukan. Fungsi objektif dan kendala dibangun menggunakan *mixed integer programming* dengan parameter *fuzzy*. Tujuan dari model ini adalah pertama meminimalkan total waktu respons untuk memenuhi permintaan logistik bantuan dan kedua meminimalkan total anggaran perencanaan, yaitu biaya pembukaan gudang, biaya penyimpanan, dan biaya distribusi. Pada prosesnya model yang dibangun mampu : (1) menentukan lokasi, distribusi, dan inventaris gudang yang optimal untuk tahap kesiapsiagaan prabencana; (2) mempertimbangkan aspek waktu tanggap dan perencanaan anggaran secara simultan dalam fungsi multitujuan; (3) mengontrol pemanfaatan gudang minimum; (4) mengontrol ketidakpastian yang melekat pada parameter masukan (dari tidak tersedia atau tidak lengkap) dan sifat data masukan yang tidak tepat. Metode eksak untuk skenario kecil seperti pada kasus ini sudah cukup optimal, namun untuk kasus berskala besar dan masalah yang kompleks direkomendasikan algoritme lanjutan atau algoritme heuristik untuk waktu yang lebih sedikit.

Kegiatan penempatan lebih awal untuk persediaan darurat menjadi salah satu strategi pengiriman barang yang dapat dilakukan. Hal ini memiliki manfaat yaitu efisiensi pengadaan barang dan optimalisasi waktu respons yang bergantung pada konfigurasi praposisi jaringan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi konfigurasi untuk praposisi jaringan diantaranya, persediaan awal dan pengaturan gudang (investasi awal), biaya operasional (pembelian logistik bantuan, transportasi, dan biaya gudang), serta waktu respons rata-rata. Menurut [15] model lokasi yang dapat dikembangkan jika memerhatikan faktor tersebut yaitu *mixed integer programming* dengan fungsi tujuan meminimalkan waktu respons rata-rata dari titik permintaan.

Lokasi fasilitas logistik bantuan yang diteliti oleh [16] dibentuk berdasarkan dua level dan dua metode. Masalah lokasi fasilitas level pertama di kelurahan dan selanjutnya level kedua di kecamatan yang saling berkesinambungan, dengan tujuan agar respons terhadap bencana yang terjadi dapat dilakukan dengan segera. Model yang diaplikasikan pada level pertama merupakan *maximal covering location problem (MCLP)*, memiliki fungsi objektif yaitu memaksimalkan jumlah fasilitas yang didapatkan oleh korban bencana dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan pada level kedua menggunakan model *mixed integer programming (MIP)* dengan menjadikan keluaran pada model pertama dan data lain yang terkait sebagai masukan. Penentuan prioritas setiap fasilitas di desa ditinjau berdasarkan keparahan dampak bencana.

Masalah pada model ini, yaitu:

1. Pada model pertama adalah menentukan himpunan lokasi fasilitas yang dibatasi oleh ketersediaan anggaran. Hal ini juga tetap memerhatikan waktu perjalanan dari titik permintaan ke lokasi fasilitas tidak lebih dari waktu layanan yang telah diputuskan.
2. Pada model kedua adalah menentukan lokasi bantuan fasilitas di wilayah kecamatan dengan meminimumkan total waktu pengiriman ketersediaan bantuan dari level provinsi ke level desa. Kendala untuk model ini adalah keseimbangan arus, permintaan di tiap lokasi potensial, dan ketersediaan anggaran.

Model lokasi fasilitas dan inventaris sering digunakan dalam menyelesaikan masalah yang berfokus pada tahap prabencana, sedangkan model distribusi umum diterapkan pada masalah yang berfokus di tahap pascabencana. Pembagian ini dipengaruhi oleh kegiatan yang diperlukan untuk setiap siklus terjadinya bencana. Model yang dirumuskan [17] untuk menentukan lokasi pusat distribusi dan total persediaan yang akan disimpan untuk setiap pusat distribusi kemudian diselesaikan dengan *mixed integer programming*. Setiap permintaan umumnya dipenuhi oleh fasilitas atau gudang terdekat jika fasilitas memiliki kapasitas tidak terbatas. Namun secara realistis, setiap gudang memiliki batasan. Maka model yang dibangun pada penelitian ini juga membandingkan kondisi lokasi logistik bantuan antara yang terbatas dan tidak terbatas. Batasan waktu respons dalam jaringan juga menjadi pertimbangan. Tujuan dari model penelitian ini adalah meminimalkan jumlah total biaya operasi bantuan berdasarkan biaya pembukaan gudang, biaya penyimpanan logistik, serta biaya pengiriman barang bantuan.

Penelitian dengan Metode Heuristik

Kata heuristik berasal dari bahasa Yunani yang berarti menemukan. Pada pemecahan masalah

pengoptimalan, heuristik adalah pendekatan aturan praktis, yang memungkinkan solusi tidak bersifat konvergensi dan optimalitas. Namun dalam banyak kasus, metode ini dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan solusi yang dapat diterima. Penggunaan pendekatan heuristik untuk pengoptimalan sudah ada cukup lama dan terus dikembangkan ke berbagai bidang ilmu. Beberapa ide yang menggunakan metode heuristik antara lain *hill climbing*, *simulated annealing*, *tabu search*, *genetic algorithms*, *ant colony optimization*, dan *memetic algorithms* [5].

Genetic algorithms

Model matematis yang disusun oleh [18] membahas masalah lokasi penampungan korban gempa dan perencanaan penataan wilayah atau *earthquake shelter location and districting planning problem* (ESLDPP). ESLDPP merupakan masalah pengoptimalan multiobjektif (MOP) sehingga dalam penelitian ini menggunakan kombinasi strategi optimal Pareto dan suatu aturan berbasis kelayakan untuk mendapatkan *trade off* yang layak agar minimalisasi jarak evakuasi total (TED) dan total biaya tempat penampungan (TCS). Model yang diusulkan adalah model bi objektif dengan kendala kapasitas dan kedekatan area yang diselesaikan dengan *non-dominated sorting genetic algorithm* (NSGA-II). Apabila dibandingkan dengan non elitis NSGA, NSGA-II memiliki kompleksitas komputasi lebih rendah dan mekanisme elitismenya dapat mempercepat konvergensi algoritme. Terdapat tiga strategi untuk meningkatkan penerapan algoritme. Pertama, dilakukan perancangan proses inisialisasi dan operator genetik secara khusus untuk memenuhi kendala kedekatan area, menghasilkan solusi yang layak, dan struktur kromosom yang sesuai. Kedua, strategi hibrid persilangan dua arah multitik dan persilangan titik tunggal dua arah yang membantu dalam mengembangkan solusi dan mempercepat konvergensi. Ketiga, penggunaan strategi optimal Pareto.

Masalah lokasi penampungan ketika terjadi bencana seperti permainan Stackelberg. Terdapat seorang pemimpin yang memiliki otoritas memutuskan lokasi penampungan untuk meminimalkan total waktu evakuasi, pemilihan lokasi untuk pengungsi, dan rute untuk evakuasi. Masalah ini diformulasikan dengan *bi level programming* yang merupakan kasus non konveks dan sulit apabila diselesaikan dengan metode optimasi standar, sehingga dibutuhkan pendekatan heuristik yaitu algoritme genetik untuk menemukan solusi [19].

Tabu search

Perencanaan logistik untuk kejadian prabencana, kesiapsiagaan, dan aktivitas mitigasi merupakan hal yang penting untuk memprediksi kondisi jaringan jalan pascabencana suatu sistem. Masalah lokasi *emergency response facilities* (ERFs) dalam penelitian [20] dengan memerhatikan banyaknya lokasi fasilitas dan memaksimalkan permintaan yang dapat terpenuhi dalam waktu yang seharusnya. Model *stochastic integer programming* dibangun untuk menentukan lokasi ERFs berdasarkan himpunan lokasi potensial. ERFs menjadi bagian dari strategi kesiapsiagaan. Titik penghubung lokasi potensial mungkin masih beroperasi atau tidak ketika bencana telah terjadi. Sehingga keadaan tersebut dapat dibandingkan menggunakan tiga kasus, yaitu *independent link failures* (IF), *dependent link failures* (DF), dan *no link failure* (NF). Penelitian ini menggunakan algoritme *tabu search* dan formula 0-1 *programming* untuk sampel yang kecil, sekaligus untuk melakukan validasi terhadap metode heuristik terkait. Kemudian pencarian solusi dilanjutkan menggunakan *tabu search* untuk skenario dengan jumlah besar. Analisis yang dilakukan mencakup efek dari parameter (jumlah skenario, jumlah ERFs yang dibuka, batas jarak cakupan, dan batas jarak ketergantungan) serta asumsi karakteristik kegagalan titik penghubung (IF, DF, dan NF).

Penelitian dengan Metode Eksak dan Metode Heuristik

Masalah lokasi fasilitas merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam membuat keputusan lokasi untuk perencanaan bencana. Penelitian yang dilakukan [21] mengembangkan model untuk lokasi persediaan dan alokasi kapasitas untuk daerah yang terkena bencana dengan kebutuhan karakteristik yang berbeda. Studi ini mengamati kasus untuk bantuan bencana badai dan gempa bumi dengan tujuan meminimalkan keterlambatan mendapatkan persediaan ke rumah sakit dan biaya fasilitas persediaan. Pendekatan eksak dan heuristik digabungkan dalam melakukan proses penelitian ini. Tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

1. Membangun model umum yang melibatkan dua langkah, yaitu : (1) menentukan distribusi korban bencana dan wilayah tertentu dengan melakukan simulasi skenario bencana yang menggunakan perangkat lunak oleh FEMA, yakni HAZUS-MH; (2) menentukan himpunan lokasi potensial untuk menemukan solusi bagi lokasi persediaan.
2. Memanfaatkan keluaran tahap pertama, dengan mengembangkan permintaan dari kluster di wilayah yang telah ditentukan menggunakan algoritme K-means. Pada tahap ini, rumah

sakit yang tersedia atau masih dapat beroperasi dijadikan sebagai titik referensi.

3. Melakukan distribusi penempatan korban berdasarkan tingkat keparahan dan kondisi medis di masing-masing kluster permintaan terkait. Algoritme pengelompokan pasien digunakan pada tahap ini dengan melakukan penerapan pada data pasien bencana yang pernah terjadi sebelumnya dan mengadakan diskusi dengan dokter yang memiliki pengalaman di lapangan. Selanjutnya dilakukan pemetaan dengan memanfaatkan keluaran tahap kedua.
4. Menerapkan model *mixed integer programming* dengan memanfaatkan keluaran tahap pertama, kedua, dan ketiga untuk menentukan lokasi dan kapasitas persediaan yang optimal untuk tipe bencana tertentu.
5. Melakukan perencanaan skenario dan optimasi untuk mendapatkan solusi akhir bagi tipe bencana yang memiliki ketidakpastian untuk waktu yang akan datang (seperti kondisi magnitudo gempa bumi).

Menurut penelitian yang dilakukan [22] pemilihan lokasi fasilitas tanggap bencana untuk penyimpanan persediaan darurat penting untuk kualitas dari suatu layanan yang diberikan pascabencana seperti gempa bumi yang dinilai bencana berskala besar. Terdapat dua model yang dibangun, yaitu model deterministik (dengan *mixed integer programming*) dan model stokastik (*L-shaped* modifikasi). Model tersebut bergantung pada jarak terhadap fasilitas tanggap bencana dan pusat populasi. Pendekatan pemodelan pada penelitian ini didasarkan pada intuisi bahwa penempatan fasilitas tanggap bencana yang dekat kota memiliki risiko tinggi rusak atau kawasan mungkin tidak optimal. Model deterministik yang dibangun peneliti memiliki beberapa kelebihan yang realistis yaitu, tidak memerlukan skenario kerusakan yang berada di luar model, asumsi bencana tidak hanya terjadi pada pusat populasi, dan kerusakan fasilitas bergantung pada lokasi bencana. Pada model kedua, digunakan pemrograman stokastik dua tahap dengan *binary first stage*. Tahap pertama untuk memilih lokasi dari sejumlah fasilitas dan tahap kedua adalah mendapat keputusan jumlah yang akan dialihkan dari fasilitas yang dibuka ke titik permintaan untuk setiap skenario bencana. Solusi pada formula stokastik menggunakan metode *L-shaped* modifikasi (berdasarkan algoritme Benders) untuk memperoleh optimasi aproksimasi rata-rata sampel (*sample average approximation* atau SAA). Melalui algoritme Benders terdapat suatu masalah master yang dioptimalkan, kemudian pada penelitian ini diselesaikan melalui pendekatan heuristik.

KESIMPULAN

Masalah lokasi fasilitas untuk logistik bantuan kemanusiaan dapat diselesaikan dengan metode eksak, metode heuristik, maupun kolaborasi antara kedua metode tersebut. Solusi yang diperoleh melalui metode eksak merupakan hasil optimal, namun untuk kasus dengan skala besar dan masalah yang rumit, metode heuristik dapat digunakan. Pada artikel yang menggunakan metode eksak, penyelesaian kasus dapat dikembangkan dan atau dikolaborasikan dengan metode heuristik untuk penelitian selanjutnya. Metode heuristik memungkinkan waktu penyelesaian solusi lebih cepat jika dibandingkan dengan metode eksak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carter, W. N. (2008). *Disaster Management: A Disaster Manager's Handbook*. Mandaluyong City : Asian Development Bank.
- [2] Boonmee, C., Arimura, M., & Asada, T., (2017). Facility Location Optimization Model for Emergency Humanitarian Logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24. 485-498.
- [3] Sarker, R. A., & Newton, C. S. 2008. *Optimization Modelling: A Practical Approach*. Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group.
- [4] Daud, M. S. M., Hussein, M. Z. S. H., Nasir, M. E., Kassim, R., Suliman, M. S., & Saludin, M. R. (2016). Humanitarian Logistics and Its Challenges: The Literature Review. *International Journal of Supply Chain Management*, 5(3). 107-110.
- [5] Sheppard, A., Tatham, P., Fisher, R., & Gapp, R. (2013). Humanitarian Logistics: Enhancing the Engagement of Local Populations. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 3(1). 22-36.
- [6] Damanik, N. L., Dirhamsyah, M., & Fatimah, E. (2015). Model Distribusi Bantuan Logistik Kemanusiaan pada Saat Bencana Banjir dengan Memperhitungkan Data Iklim (Studi Kasus Bencana Banjir Bandang Kec. Tangse, Kab. Pidie, Prop. Aceh). *Jurnal Ilmu Kebencanaan*, 2(1). 35-43.
- [7] Kara, B. Y., & Savaser, S. 2017. *Humanitarian Logistics*, hlm. 263-303. Di dalam: *INFORMS TutORials in Operations Research*. Maryland : Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).
- [8] Perwitasari, E. W. (2012). Penentuan Rute Pengambilan Sampah di Kota Merauke dengan Kombinasi Metode Eksak dan Metode Heuristik. *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha*, 1(2). 106-110.

- [9] Winston, W.L. 2004. *Operations Research: Applications and Algorithms*. 4th ed., New York : Duxbury.
- [10] Olivia, A., Sekar, H., & Lusiani, M. (2020). Analisis Penempatan Regulator Sector Jaringan Gas Rumah Tangga berdasarkan Maximum Coverage Location Problem (Case Study: Jaringan Gas Rumah Tangga Kota Depok, Jawa Barat). *Jurnal Logistik Indonesia*, 5(1). 24-33.
- [11] Ariyana, N. (2012). Model Lokasi-Alokasi Bantuan Logistik Catastrophic Berbasis Masjid di Kota Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 11(2). 235-242.
- [12] Sugiarto, S., Widyadana, I. G. A., & Octavia, T. (2015). Model Matematis Penentuan Lokasi Potensial Pos Bantuan atau Depo Bencana Banjir di Kabupaten Gresik. *Jurnal Titra*, 3(2). 265-268.
- [13] Balcik, B., & Beamon, B. M. (2008). Facility Location in Humanitarian Relief. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(2). 101-121.
- [14] Boonmee, C., & Kasemset, C. (2020). The Multi-Objective Fuzzy Mathematical Programming Model for Humanitarian Relief Logistics. *Industrial Engineering & Management Systems*, 19(1). 197-210.
- [15] Duran, S., Gutierrez, M. A., & Keskinocak, P. (2011). Pre-Positioning of Emergency Items for CARE International. *Interfaces*, 41(3). 223-237.
- [16] Kusumastuti, R. D., Wibowo, S. S., & Insanita, R. (2013). *Modeling Facility Locations for Relief Logistics in Indonesia*, hlm. 183-205. Di dalam: Zeimpekis, V. *et al.* (ed.). Humanitarian and Relief Logistics. New York : Springer.
- [17] Manopiniwes, W., Nagasawa, K., & Irohara, T. (2014). Humanitarian Relief Logistics with Time Restriction: Thai Flooding Case Study. *Industrial Engineering & Management Systems*, 13(4). 398-407.
- [18] Hu, F., Yang, S., & Xu, W. (2014). A Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for The Location and Districting Planning of Earthquake Shelters. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(7). 1482-1501.
- [19] Kongsomsaksakul, S., Yang, C., & Chen, A. (2005). Shelter Location-Allocation Model for Flood Evacuation Planning. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6. 4237-4252.
- [20] Salman, F. S., & Yucel, E. (2014). Emergency Facility Location Under Random Network Damage: Insights from The Istanbul Case. *Computers & Operations Research*, 62(2015). 266-281.
- [21] Paul, J. A., & Hariharan, G. (2012). Location-Allocation Planning of Stockpiles for Effective Disaster Mitigation. *Ann Oper Res*, 196(1). 469-490.
- [22] Verma, A., & Gaukler, G. M. (2015). Pre-Positioning Disaster Response Facilities at Safe Locations: An Evaluation of Deterministic and Stochastic Modeling Approaches. *Computers & Operations Research*, 62. 197-209.