

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Ant Colony Optimization

Ant Colony merupakan sebuah algoritma dalam komputasi yang merupakan bagian dari cabang ilmu Swarm Intelligence. Dharmendra Sutariya menjelaskan swarm intelligence sebagai berikut “Swarm intelligence (SI) is a kind of artificial intelligence that aims to simulate the swarms behavior such as ant colonies, honey bees, bird flocks, particle swarm optimization and artificial immune system etc”[1]. Sehingga dapat dilihat bahwa penelitian-penelitian yang dilakukan menggunakan algoritma Ant Colony memiliki hubungan pendekatan dengan cabang ilmu swarm intelligence dan artificial intelligence.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Dorigo [5] menjelaskan bahwa algoritma Ant Colony merupakan sebuah algoritma metaheuristic. Metaheuristic sendiri merupakan pengembangan dari konsep heuristic untuk menghasilkan solusi yang optimal dengan mengembahkan perhitungan dengan menggunakan variable independen [6] [7]. Metaheuristic memungkinkan pendekatan yang lebih optimal dalam waktu yang cepat sehingga dapat menghasilkan solusi strategy yang optimal [5] [8].

Algoritma ant colony optimization (ACO) merupakan sebuah turunan dari algoritma ant colony. Ant colony sendiri memiliki beberapa varian seperti Ant System Rank, Ant Max-Min, Quantum ant colony, ant colony optimization, ACS,

EAS, etc [9]. Dari semua varian ant colony yang ada, Dorigo menyimpulkan bahwa algoritma Ant Colony Optimization (ACO) merupakan yang terbaik dari varian yang ada [5]. Pendapat tersebut dikuatkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Leksono (2009) bahwa ACO memiliki hasil perhitungan yang relative mendekati optimum [10]. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh berbagai peneliti, maka tulisan ini mencoba mengangkat Algoritma ACO sebagai acuan untuk dilakukan tindakan lanjutan yakni dengan mengimplementasikannya ke dalam permasalahan mitigasi bencana alam khususnya bencana letusan gunung berapi.

Dari yang dilakukan oleh Batmetan [11] yang mengangkat masalah pemilihan jalur dengan cepat dalam evakuasi bencana letusan gunung lokon, algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dapat digunakan dalam pemilihan lajur terbaik dalam evakuasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cara pemilihan jalur evakuasi terbaik pada bencana letusan Gunung Lokon dapat dihitung dengan mudah dan cepat. Dengan algoritma ACO ini, jalur evakuasi dapat dipilih dengan cepat dan cermat sehingga dapat mengurangi jatuhnya korban pada bencana letusan.

## **2.2. Algoritma Multiple Objective Ant Colony Optimization (MO-ACO)**

Algoritma ant colony optimization terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari makan. Seperti yang dijelaskan oleh Mora bahwa algoritma ACO merupakan pencarian metaheuristic yang didasarkan pada perilaku semut saat mencari makanan dan membangun jalur terpendek antara jaringannya dan memilih

yang terpendek[3]. Jika diperhatikan algoritma ACO digunakan untuk memberi solusi terhadap satu objek permasalahan seperti yang dijelaskan oleh Mora dalam penelitiannya[3]. Lebih lanjut Mora menjelaskan bahwa jika objek yang dihadapi banyak, maka algoritma yang digunakan adalah Multiple Objective Ant Colony Optimization (MOACOs)[3].

Beberapa algoritma MOACO didasarkan pada pendekatan multi colony, dengan subnets yang independent dari kerja semut saat mencari solusi terbaik, sesuai jalur distribusi yang termudah atau dipararelkan tanpa halangan atau larangan, semut-semut tersebut dapat menyelesaikan pencarian mandiri, berbagi saat salah satu telah selesai melakukan pencarian, disinilah set pareto diperoleh[3].

Penelitian yang dilakukan Mora menunjukkan bahwa MOACOs algoritma ini dimulai dengan multi algoritma dua object dan dua pheromone. Dengan demikian terdapat dua fungsi persamaan yang akan dihitung. Pada penelitian Mora, menggunakan persamaan BIAANT (Bi-Criterion Ant), MOACS (Multi-Objective Ant Colony System) dan CHAC (Compañía de Hormigas ACorazadas). Pada penelitian Mora, kasus yang di ujicoba adalah pada kinerja prosesor intel saat menentukan jalur terpendek dalam pengiriman data. Kriteria yang digunakan adalah jarak dan kecepatan[3].

Sedangkan Pada penelitian ini, akan dicoba menggunakan tiga persamaan dengan lima kriteria yang berbeda yakni kecepatan, jarak, tikungan, titik aman, dan kepadatan. Contoh kasus yang akan digunakan adalah mitigasi bencana dalam

menentukan titik shelter, jalur terbaik distribusi bencana, dan jalur terbaik evakuasi bencana.

Sejalan dengan penelitian Mora, penelitian yang dilakukan oleh lopez menyebutkan bahwa MOACOs dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah TSP. faktanya, algoritma MOACOs banyak dipakai untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan bi-objectif TSP (Traveling Salesman Problem). Oleh karena itu, untuk mengawali analisis, Lopez menggunakan MAX-MIN Ant System (MMAS) untuk menentukan parameternya. Kemudian menggunakan pendekatan algoritma ACO untuk menentukan pencarian lokalnya. Langkah berikutnya lopez memasukan alternatif desain baru untuk di analisis menggunakan pendekatan Algoritma MOACO[4].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kötzing, melakukan pendekatan untuk menyelesaikan masalah TSP. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggabungkan dua algoritma ant colony yaitu MAX-MIN Ant System (MMAS) dan ACO[5]. Pendekatan ini hampir sama seperti MOACOs, tetapi digunakan dalam menyelesaikan masalah pada TSP. Pendekatan yang dilakukan sudah cukup baik dalam mencari solusi TSP.

Pada penelitian ini, akan dicoba menggunakan algoritma MOACO untuk mencari solusi pada masalah mitigasi. Mitigasi ini meliputi pencarian jalur terbaik untuk distribusi logistic, jalur terbaik evakuasi bencana dan penentuan titik shelter pengunjung. Algoritma ini menggunakan pendekatan MOACO dengan tiga persamaan yaitu BIAnt (Bi-Criterion Ant), MOACS (Multi-Objective Ant Colony

System) dan CHAC (Compañía de Hormigas ACorazadas). Dalam perhitungan, algoritma ini menggunakan lima indikator/variable dalam perhitungan. Hasil terbaik dalam perhitungannya akan di implementasikan untuk menentukan proses mitigasi bencana.

### 2.3. Mitigasi Bencana Alam

Mitigasi bencana memerlukan sebuah pendekatan yang baik saat menghadapi bencana. Pendekatan ini meliputi *detektion, respond and revocery*. Penelitian yang dilakukan oleh Barzinpour mengemukakan bahwa dalam mitigasi bencana alam salah satu bagian yang penting adalah melokalisasi area bencana. Hal ini untuk mempermudah supply bantuan logistic, TIM penyelamat maupun peralatan yang digunakan dalam operasi penyelamatan[2]. Penentuan shelter pengungsi dalam operasi bencana alam juga menjadi penting. Factor penting dalam penentuan adalah dapat dijangkau oleh pengungsi dan distribusi bantuan serta aman dari bahaya bencana alam. Barzinpour dalam penelitiannya menggunakan model Multiple Objective dalam memetakan area cakupan bencana dan menghitung besaran kerugian yang ditimbulkan serta memetakan jalur distribusi logistis ke area bencana dengan cepat dan murah sehingga menurunkan biaya[2].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Batmetan (2016), mengemukakan bahwa mitigasi bencana dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma komputasi seperti algoritma ACO [11]. Penelitian tersebut menemukan bahwa penggunaan

algoritma ACO dapat memilih dan memetakan dengan cepat jalur evakuasi bencana saat bencana letusan gunung berapi terjadi. Penelitian tersebut mengambil lokasi pada gunung Lokon di kota Tomohon Sulawesi Utara. Penelitian-penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan algoritma komputasi dapat diterapkan dalam mengatasi masalah pada mitigasi bencana alam.

Pada penelitian ini, mitigasi dilakukan dengan mengimplementasi algoritma MOACO untuk menentukan letak shelter pengungsi, menentukan jalur distribusi terbaik dan juga menentukan jalur evakuasi terbaik yang harus dilalui. Hal ini diperlukan agar tidak terjadi korban jiwa yang banyak, memberi jalan kepada TIM SAR mencapai lokasi bencana dengan cepat dan pengiriman logistic dengan cepat sehingga biaya menjadi lebih murah.

#### **2.4. Gunung Lokon**

Gunung lokon merupakan gunung api aktif yang berada di propinsi Sulawesi Utara, tepatnya terletak 45 km arah utara dari Kota Manado. Secara administratif, gunung lokon masuk dalam wilayah administrasi Pemerintah Kota Tomohon. Gunung Lokon termasuk Gunung Api yang aktif mengeluarkan erupsi [12]. Letaknya secara geografis berada pada Lokon  $01^{\circ} 21,5' LU$  dan  $124^{\circ} 47,5' BT$  dan Empung  $01^{\circ} 22' LU$  dan  $124^{\circ} 47,5' BT$ . Gunung lokon memiliki 3 puncak tertinggi yakni puncak Lokon 1579,5 m dml, puncak Empung 1340 m dml dan puncak Tompaluan 1140 m dml [12].

Dari pengamatan yang dilakukan oleh Badan Geologi melalui Pos Pemantau Gunung Berapi, tercatat dalam periode 2014-2015 telah 6 kali meletus mengeluarkan abu vulkanik [12]. Akibat letusan ini, 634 orang diungsikan ke tempat yang aman agar selamat dari ancaman erupsi gunung lokon ini [4].

Gunung lokon sendiri terdapat kota Tomohon yang berada tepat dibawah kaki gunung tersebut. Selain itu terdapat 12 perkampungan masyarakat di sekeliling kaki gunung lokon. Hal ini selalu menimbulkan bahaya jika terjadi erupsi pada gunung lokon tersebut. 12 perkampungan ini masuk pada area berbahaya jika gunung lokon mengeluarkan abu vulkanik yang membahayakan.

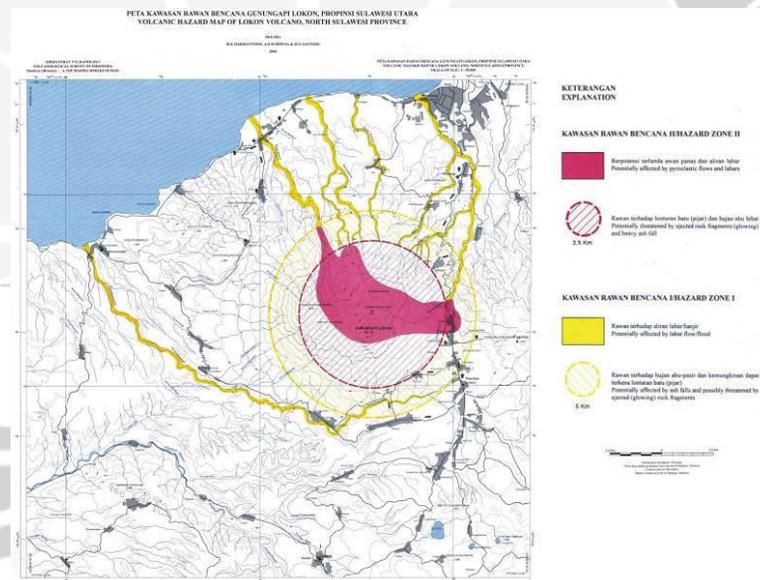
Peta kerawanan bencana letusan gunung Lokon yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) [13] pada tahun 2011 membagi daerah Kawasan Rawan Bencana II dengan daerah yang letaknya terdekat dengan sumber bahaya, sehingga kemungkinan akan terlanda oleh bahaya langsung, berupa luncuran awan panas, lontaran batu (pijar), hujan abu lebat dan lahar [13]. Tanpa memperhitungkan arah tiupan angin pada saat terjadi erupsi, daerah bahaya ini diperkirakan meliputi wilayah dalam radius lk. 3,5 km berpusatkan kawah aktif di puncak G. Lokon. Kawasan Rawan Bencana II ini dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Kawasan rawan terhadap aliran lava berupa awan panas dan aliran lahar/banjir
- b. Kawasan rawan terhadap material lontaran dan jatuhnya seperti lontaran batu (pijar dan hujan abu lebat).

Kawasan berikutnya adalah Kawasan Rawan Bencana I yang merupakan kawasan yang berpotensi terlanda lahar/banjir, meliputi lembah atau daerah aliran

sepanjang sungai-sungai yang berhulu di daerah puncak [13]. Selama erupsi membesar, kawasan ini berpotensi tertimpa material jatuhnya berupa hujan abu dan lontaran batu (pijar). Kawasan ini dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Kawasan rawan terhadap lahar/banjir. Kawasan ini terletak di sepanjang sungai/ di dekat lembah sungai atau bagian hilir sungai yang berhulu di daerah sekitar kawah.
- b. Kawasan rawan terhadap hujan abu tanpa memperhatikan arah tiupan angin dan kemungkinan terkena lontaran batu (pijar).



*Figure 1 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung api Lokon*  
 (Sumber : Badan Nasional Penanggulangan Bencana RI, 2015)

Untuk itu diperlukan mitigasi bencana letusan gunung dan juga penanganan saat terjadi bencana seperti tindakan evakuasi dari zona bahaya. Tindakan ini memerlukan perlakuan khusus seperti pemilihan jalur evakuasi yang cepat dan aman agar tidak terjadi korban jiwa.

Table 1 Rekapitulasi Literatur Review

Nama, Tahun	Judul	Masalah, tujuan, metode	Hasil Penelitian
Mora., et al., (2013)	Pareto-based multi-colony multi-objective ant colony optimization algorithms: an island model proposal	Penelitian ini menggunakan algoritma MOACO dengan 2 variabel independen dalam struktur MO dengan menggunakan set Pareto. MOACO algoritma ini dimulai dengan multi algoritma dua objek dan dua feromon. Mora, menggunakan persamaan Biant (Bi-Criterion Ant), MOACO (Multi-Objective Ant Colony System) dan CHAC (Compañía de Hormigas Acorazadas). Kasus yang diujicoba pada kinerja prosesor Intel saat menentukan jalur terpendek dalam pengiriman data. Kriteria yang digunakan adalah jarak dan kecepatan	Hasil penelitian ini menunjukkan optimasi yang baik dari set solusi yang dihasilkan. Hasilnya adalah terdapat peningkatan optimasi pada kinerja prosesor yang menggunakannya.
Lopez., et al., (2012)	An experimental analysis of design choices of multi-objective ant colony optimization algorithms	Penelitian ini menggunakan algoritma MOACO untuk menyelesaikan masalah TSP. Faktanya, algoritma MOACO banyak dipakai untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan bi-objektif TSP (Traveling Salesman Problem). Mengawali analisis, menggunakan MAX-MIN Ant System (MMAS) untuk menentukan parameternya. Kemudian menggunakan pendekatan algoritma ACO untuk menentukan pencarian lokalnya. Langkah berikutnya dimasukkan alternatif desain baru untuk di analisis menggunakan pendekatan Algoritma MOACO	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma MOACO menampilkan solusi yang optimal dalam menyelesaikan masalah TSP. Algoritma ini memiliki kualitas yang tinggi dalam menyelesaikan masalah optimasi dengan lebih dari 1 variabel independen.
Daniel Angus, et al., (2009)	Multiple objective ant colony optimisation	Penelitian ini mencoba mengevaluasi kinerja algoritma MOACO baik	Penelitian ini menghasilkan klasifikasi dalam algoritma MOACO beserta

		yang menggunakan single variable independent maupun yang memiliki variable lebih dari 1. Penelitian ini juga mencoba melakukan klasifikasi terhadap algoritma MOACO.	karakteriknya. Hasil lainnya juga adalah evaluasi terbaik baik yang memiliki single pheromone maupun multiple, terdapat pada algoritma MOACO.
Kötzing., et al., (2012)	Theoretical analysis of two ACO approaches for the traveling salesman problem	Penelitian ini melakukan pendekatan untuk menyelesaikan masalah TSP. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggabungkan dua algoritma ant colony yaitu MAX-MIN Ant System (MMAS) dan ACO. algoritma ini hampir sama seperti MOACOs, tetapi digunakan dalam menyelesaikan masalah TSP.	Pendekatan yang dilakukan sudah cukup baik dalam mencari solusi TSP. dengan update pheromone dengan tinggi, didapatkan sebuah solusi yang baik bagi penyelesaian masalah TSP. pendekatan ini terbukti efektif dalam penyelesaian masalah TSP.
Barzinpour., et al., (2014)	A multi-objective relief chain location distribution model for urban disaster management	Penelitian mengemukakan bahwa dalam mitigasi bencana alam salah satu bagian yang penting adalah melokalisasi area bencana. Penelitian ini menggunakan model Multiple Objective dalam memetakan area cakupan bencana dan menghitung besaran kerugian yang ditimbulkan serta memetakan jalur distribusi logistik ke area bencana dengan cepat dan murah sehingga menurunkan biaya	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Multiple Objective dapat dipakai dalam memetakan area cakupan bencana dan menghitung besaran kerugian yang ditimbulkan serta memetakan jalur distribusi logistik ke area bencana dengan cepat dan murah sehingga menurunkan biaya. Penelitian ini merekomendasikan agar metode ini dapat digunakan dalam mitigasi bencana.
Batmetan, Johan Reimon (2016)	Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO) untuk Pemilihan Jalur Tercepat Evakuasi Bencana Gunung Lokon Sulawesi Utara	Penelitian ini mengangkat masalah pemilihan jalur dengan cepat dalam evakuasi bencana letusan gunung lokon. Penelitian ini menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dalam pemilihan jalur terbaik dalam evakuasi.	Hasil penelitian ini menghasilkan sebuah cara pemilihan jalur evakuasi terbaik pada bencana letusan Gunung Lokon. Dengan algoritma ACO ini, jalur evakuasi dapat dipilih dengan cepat dan cermat sehingga dapat mengurangi jatuhnya korban pada bencana letusan.