

INTISARI

Indonesia memiliki jumlah gunung api aktif sebanyak 127, terbanyak di dunia dan menduduki peringkat pertama dengan jumlah korban jiwa terbanyak. Gunung api aktif tersebut tersebar di pulau Sumatera, Jawa, Sulawesi, dan Sunda Kecil. Di antara gunung aktif tersebut, beberapa gunung merupakan gunung teraktif, antara lain gunung Merapi, Sinabung, Semeru, Kelud, Anak Krakatau, Bromo, Soputan, Lokon, Gamalama, Rinjani, Ibu dan Talang. Sepuluh persen penduduk Indonesia tinggal di kawasan gunung api sehingga berpotensi menimbulkan korban jiwa yang besar ketika terjadi erupsi.

Kekuatan erupsi gunung berapi yang tidak pasti dan dinamis dapat menimbulkan evakuasi yang lebih dari satu tahap. Jika gunung api mengalami erupsi dengan kekuatan tertentu, penduduk yang terkena dampak harus mengungsi ke tempat aman. Evakuasi penduduk ke tempat aman disebut sebagai evakuasi tahap 1. Tempat aman yang dituju disebut shelter tahap 1. Jika kekuatan erupsi bertambah, wilayah yang terkena dampak bencana akan semakin luas. Wilayah ini merupakan wilayah terdampak tahap 2. Penduduk yang harus mengungsi semakin banyak. Shelter tahap 1 mungkin tidak aman lagi. Evakuasi tahap 2 dilakukan untuk mengungsikan penduduk dari wilayah terdampak tahap 2 dan dari shelter tahap 1 ke tempat aman berikutnya (shelter tahap 2). Seiring dengan bertambahnya kekuatan erupsi, wilayah yang terkena dampak bencana juga semakin luas dan diperlukan evakuasi untuk tahap berikutnya. Lokasi shelter yang dituju pada setiap tahap evakuasi menentukan keberhasilan dalam evakuasi bertahap.

Pada erupsi Merapi 2010, terjadi kekacauan proses evakuasi dan ketidakjelasan tempat evakuasi. Proses dan pengelolaan pengungsian, khususnya saat terjadi perubahan berkali-kali radius aman, telah membuat penduduk dan pemerintah daerah kesulitan menentukan shelter atau barak pengungsian. Jika shelter yang dituju sudah diketahui maka akan mengurangi waktu untuk mencapai shelter dan dapat mengurangi kepadatan jalan.

Menentukan lokasi penampungan sementara atau shelter merupakan hal yang sangat penting dalam manajemen bencana. Lokasi shelter harus direncanakan terlebih dahulu sebelum terjadi bencana, sehingga jika terjadi bencana penduduk suatu daerah sudah mengetahui lokasi shelter yang dituju dan jika terjadi letusan yang lebih besar, penduduk tersebut juga sudah tahu lokasi shelter yang harus dituju berikutnya. Tempat yang potensial digunakan sebagai barak pengungsian atau potensial shelter harus memenuhi kriteria tertentu. Menentukan kriteria yang sesuai merupakan hal terpenting dalam menentukan lokasi shelter.

Penelitian ini bertujuan untuk, menentukan kriteria lokasi shelter yang dapat digunakan sebagai *guideline* pada erupsi gunung api di Indonesia, dan mengembangkan kerangka berpikir untuk menentukan lokasi shelter yang potensial pada evakuasi bertahap erupsi gunung api.

Penentuan kriteria shelter dilakukan dengan melakukan kajian literatur dan pilihan ahli yang berpengalaman dalam kebencanaan, khususnya bencana erupsi gunung merapi. Kuesioner dibuat berdasarkan kajian literatur dan disesuaikan dengan kondisi geografis dan kebijakan pemerintah daerah. Kriteria ditentukan dari kuesioner yang telah diisi oleh responden. Responden merupakan expert yang berpengalaman di bidang kebencanaan lebih dari 10 tahun.

Penentuan lokasi memerlukan data spasial, maka Geographical Information Systems (GIS) banyak digunakan untuk menentukan lokasi. Lokasi yang akan ditentukan merupakan lokasi yang memenuhi beberapa kriteria, sehingga metode multi-criteria



decision making (MCDM) dapat membantu dalam penyelesaian masalah pemilihan lokasi. Salah satu metode MCDM yang paling sering digunakan adalah Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP digunakan untuk menentukan bobot tiap kriteria. Potensial shelter dipilih dari kandidat shelter yang memiliki *suitability index* yang tinggi. Dengan menggunakan Weighted Linear Combination (WLC), *suitability index* dihitung dari bobot kali skor. Logika fuzzy digunakan untuk menentukan skor tiap kriteria dalam bentuk nilai keanggotaan fuzzy.

Kriteria dapat berupa *constraint* dan *factor*. Kandidat shelter dapat diperoleh dari tempat yang memungkinkan untuk menjadi shelter dan tidak melanggar kriteria *constraint*. Tempat yang potensial untuk dijadikan lokasi shelter (potential shelter) dipilih dari kandidat shelter yang memenuhi kriteria yaitu yang memiliki *suitability index* yang tinggi.

Lokasi potensial shelter yang diperoleh pada penelitian ini merupakan lokasi yang memenuhi beberapa kriteria. Namun, lokasi tersebut belum tentu merupakan lokasi optimal yang meminimalkan total waktu evakuasi, total jarak yang ditempuh atau jumlah korban. Oleh karena itu, penelitian ini dapat diperluas untuk menentukan lokasi shelter yang optimal dengan mengembangkan model optimasi dan menyelesaikannya secara analitis atau heuristik. Untuk penelitian selanjutnya, potensi shelter yang diperoleh dengan menggunakan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai input awal penentuan lokasi shelter optimal dengan menggunakan model optimasi.

Kata kunci: pemilihan lokasi shelter, evakuasi bertahap, kriteria shelter, MCDM, GIS

ABSTRACT

Indonesia has 127 active volcanoes, the most in the world and ranks first in the number of fatalities. These active volcanoes are spread across the islands of Sumatra, Java, Sulawesi and the Lesser Sundas. Among these active volcanoes, several mountains are the most active, including Mount Merapi, Sinabung, Semeru, Kelud, Anak Krakatau, Bromo, Soputan, Lokon, Gamalama, Rinjani, Ibu and Talang. Ten percent of Indonesia's population lives in volcanic areas, so it has the potential to cause large casualties when an eruption occurs.

The strength of a volcanic eruption is uncertain and dynamic, so evacuation may take place in more than one stage. If a volcano erupts, affected residents must evacuate to a safe place. Evacuating the population to a safe place is referred to as stage 1 evacuation. The intended safe place is called stage 1 shelter. If the intensity of the eruption increases, the area affected by the disaster will be wider. This area is a stage 2 affected area. The number of residents who have to evacuate is increasing. Stage 1 shelters may not be safe anymore. Stage 2 evacuation was carried out to evacuate residents from the stage 2 affected area and from the stage 1 shelter to the next safe place (stage 2 shelter). Along with the increasing strength of the eruption, the area affected by the disaster is also getting wider and evacuation is needed for the next stage. The location of the intended shelter at each stage of evacuation determines the success of the phased evacuation.

During the 2010 Merapi eruption, there was chaos in the evacuation process and unclear places for evacuation. The evacuation process, especially when there are many changes to the safe radius, has made it difficult for residents and local governments to determine shelter. If the intended shelter is known, it will reduce the time to reach the shelter and can reduce road congestion.

Determining the location of the shelter is very important in disaster management. Shelter locations must be planned in advance before a disaster occurs, so that if a disaster occurs the people in the affected area already know the location of the shelter to go to and if a larger eruption occurs, these residents also know the location of the shelter to go next. A place that has the potential to be used as a place of refuge is called a potential shelter. The potential shelter must meet several criteria. Determining the appropriate criteria is the most important thing in determining the location of the shelter.

This study aims to determine criteria for shelter locations that can be used as guidelines for volcanic eruptions in Indonesia, and develop a framework for determining potential shelter locations for gradual evacuation during volcanic eruptions.

Determination of shelter criteria is carried out by conducting a literature review and the opinion of experts who are experienced in disasters, especially the eruption of Mount Merapi. The questionnaire was made based on a literature review and adapted to geographical conditions and local government policies. The criteria are determined from the questionnaire that has been filled in by the respondent. Respondents are experts with experience in the field of disaster for more than 10 years.

Site selection requires spatial data, so Geographical Information Systems (GIS) are widely used for site selection problems. Site selection is choosing a location that meets several criteria, so that the multi-criteria decision making (MCDM) method can assist in solving site selection problems. One of the most widely used MCDM methods is the Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP is used to determine the weight of each criterion. Potential shelters are selected from candidate shelters that have a high suitability index. The suitability index which is the multiplication of the weight of each criterion



with the score is calculated using the Weighted Linear Combination (WLC). Fuzzy logic is used to determine the score of each criterion in the form of fuzzy membership values.

Criteria can be in the form of constraints and factors. Shelter candidates can be obtained from places that are possible to become shelters and do not violate the constraint criteria. Potential shelters are selected from candidate shelters that meet several criteria, which have a high suitability index.

The potential shelter locations obtained in this study are locations that meet several criteria. However, these locations are not necessarily optimal locations that minimize the total evacuation time, the total distance traveled or the number of victims. Therefore, this research can be expanded to determine optimal shelter locations by developing optimization models and solving them analytically or heuristically. For further research, the shelter potential obtained using this study can be used as initial input for determining the optimal shelter location using an optimization model.

Keywords: shelter site selection, gradual evacuation, shelter criteria, MCDM, GIS