

PEMETAAN LOKASI BENCANA & POS LAPANGAN PENGUNGSIAN BENCANA BESERTA POTENSINYA DI KAWASAN GUNUNG SEMERU DENGAN METODE PROMETHEE BERBASIS SPASIAL

Dwi Sri Lestari^{1*}, Faradila Wahyu Maylinda¹, Qurrata Aini², Agus Wibowo², Noorlaila Hayati¹

¹Departemen Teknik Geomatika-Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan Institut Teknologi
Sepuluh Nopember, Jawa Timur Indonesia

Gedung Teknik Geomatika, FTSPK Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Indonesia-60111, Telp./Faks: (031)
5929486/(031) 5929487, e-mail: dwijj25112000@gmail.com*

²Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia.

Graha BNPB - Jl. Pramuka Kav.38 Jakarta Timur 13120, Indonesia Telp./Faks: (021) 29827793/(021)
21281200, e-mail: jdih@bnpb.go.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang rawan mengalami bencana alam. Sebagian besar wilayah Indonesia berisiko tinggi terkena bencana alam. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di wilayah tropis (garis khatulistiwa) yang berisiko terkena badai, topan, banjir, tanah longsor dan siklon tropis. Selain itu, wilayah Indonesia dilewati sabuk Alpide yang berisiko terkena bencana gempa bumi, tsunami, tanah longsor, dan erupsi gunung berapi serta dilalui oleh Sirkum Pasifik atau Cincin Api Pasifik yang berisiko gempa bumi dan aktivitas vulkanis. Indonesia mempunyai gunungapi aktif sebanyak 127 yang menempati peringkat pertama gunung api terbanyak di dunia dengan jumlah korban jiwa terbanyak. Dalam upaya meningkatkan kesiapsiagaan untuk menghadapi ancaman bencana letusan gunungapi, dilakukan pemetaan pos lapangan pengungsian yang sesuai. Pada penelitian ini, dipilih Gunungapi Semeru untuk dilakukan pemetaan rekomendasi pos lapangan dengan menggunakan Metode Promethee yaitu metode penentuan urutan atau prioritas dalam analisis multikriteria. Dari 34 lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan, didapatkan 17 lokasi yang memenuhi kriteria pos lapangan yang divisualisasikan pada Peta Rekomendasi Pos Lapangan Bencana Letusan Gunung Api Semeru berskala 1:30.000.

Kata kunci : *Bencana, Gunung Meletus, Pos Lapangan, Metode Promethee*

ABSTRACT

Indonesia has coped with the challenges of natural disasters. Most parts of Indonesia are at high risk of natural disasters. This is because Indonesia is located in a tropical area (the equator) which is at risk of being hit by storms, typhoons, floods, landslides and tropical cyclones. In addition, the territory of Indonesia is crossed by the Alpide belt which is at risk of being affected by earthquakes, tsunamis, landslides, and volcanic eruptions and is located around the Pacific Circum or Pacific Ring of Fire which is at risk of earthquakes and volcanic activity. Indonesia has 127 active volcanoes which ranks first as the largest volcano in the world with the highest number of fatalities. In order to improve preparedness to deal with the threat of volcanic eruptions, mapping of appropriate evacuation field posts was carried out. In this study, Semeru Volcano was selected for mapping of field post recommendations using the Promethee Method, which is a method of determining order or priority in multi-criteria analysis. From the 34 locations that have the potential to become field posts, 17 locations that meet the field post criteria are visualized on the Recommendation Map for the Semeru Volcano Eruption Disaster Field Post with a scale of 1:30,000.

Keywords : *Disaster, Volcano Eruption, Field Posts, Promethee Method*

1. PENDAHULUAN

Indonesia secara geografis merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Pertemuan lempeng inilah yang menyebabkan Indonesia memiliki banyak gunung api sehingga menjadi salah satu negara rawan bencana letusan gunung api. Berada di jalur cincin

api *ring of fire* Indonesia merupakan negara dengan jumlah gunung api aktif terbesar di dunia dengan memiliki 130 gunung api aktif atau 16 % dari jumlah gunung api di dunia (Nugroho, 2018). Salah satu gunung api yang aktif dan sering mengalami erupsi adalah Gunung Semeru. Tercatat letusan pertama Gunung Semeru terjadi pada tanggal 8 November 1818. Dalam kurun waktu tahun 1829 hingga 2020

Gunung Semeru tercatat sudah mengalami 55 kali letusan. Letusan terbaru Gunung Semeru terjadi pada tanggal 4 Desember 2021 yang mengakibatkan 64 jiwa meninggal (BNPB, 2021). Bencana letusan gunung api dapat mengakibatkan lava pijar, lahar, piroklastik, dan awan panas yang membahayakan masyarakat sekitarnya. Untuk meminimalisasi jumlah korban bencana ini perlu adanya mitigasi bencana yang baik sehingga meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi ancaman bencana Gunung Api Semeru. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui penelitian untuk membuat peta mitigasi bencana menggunakan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Sudarsono, B., & Yuwono, B. D., 2019). Sehingga untuk dapat meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi ancaman bencana letusan Gunung Semeru salah satunya adalah tersedianya peta pos lapangan pengungsian yang sesuai.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kristina (2008) melakukan observasi terkait penentuan letak pos bencana alam ini menggunakan metode dari disiplin ilmu manajemen operasi yaitu Metode Pusat Gravitasi (*Center of Gravity Method*). Metode Pusat Gravitasi ini merupakan teknik matematis yang digunakan untuk menemukan lokasi pusat distribusi yang akan meminimalkan biaya distribusi. Metode ini memperhitungkan jarak lokasi area, jumlah barang yang akan dikirim ke area tersebut, dan biaya pengiriman untuk menemukan lokasi terbaik untuk sebuah pusat distribusi. Pada penelitian yang dilakukan Mushaf, dkk. (2021), sistem pendukung keputusan (SPK) digunakan untuk melakukan distribusi bantuan logistik bencana alam menggunakan kombinasi metode *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (Promethee) dan *Analytic Network Process* (ANP). Pada penelitian ini terdapat 6 kriteria yaitu korban berdasarkan jenis kelamin, korban berdasarkan usia, korban berdasarkan kondisi, jarak, kebutuhan pokok, kebutuhan sekunder, dan relawan. Namun, pada penelitian-penelitian tersebut masih terdapat beberapa kekurangan. Penelitian tersebut hanya mengutamakan efisiensi dalam akomodasi saja yang belum tentu lokasi tersebut layak secara fasilitas dan keamanan dari bencana alam lain yang mungkin terjadi. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan pemetaan potensi pos lapangan pengungsian kawasan bencana Gunung Semeru menggunakan metode Promethee. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menentukan lokasi yang sesuai berdasarkan kriteria yang dibutuhkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa data untuk proses analisa penentuan pos lapangan pengungsian diantaranya yaitu batas administrasi kabupaten dan desa di Malang dan Lumajang, SHP jalan dan sungai di Malang dan Lumajang yang diunduh dari Ina-Geoportal, data kependudukan (jumlah penduduk per desa) di Malang dan Lumajang yang diunduh dari BPS (Badan Pusat Statistik), lokasi pengungsian yang sudah dan Informasi desa terdampak dalam format shp yang diunduh dari InaRISK, KRB bahaya letusan gunung api, banjir bandang, gempa bumi dan tanah longsor dalam format .tif yang diunduh dari InaRISK. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras berupa laptop dan perangkat lunak berupa software ArcGIS 10.3, Google Earth Pro, Google Chrome, Microsoft Office, Google Spreadsheet.

Tahap persiapan pada penelitian ini dilakukan studi literatur untuk menambah pemahaman dan konsep dari topik yang akan dikerjakan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data berupa data kependudukan, data batas administrasi dan data fasum dalam format shp, serta data KRB Gunung Semeru. Proses pengolahan data menggunakan metode promethee dilakukan melalui beberapa tahap dari mencari kriteria penentuan pos lapangan, menentukan parameter penilaian pos lapangan, mencari lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan, pembobotan potensi pos lapangan sesuai nilai parameter, menilai preferensi kriteria, menghitung index preferensi multikriteria, hingga membuat *promethee ranking* untuk mendapatkan nilai *leaving flow*, *entering flow*, *net flow*. Tahap akhir yaitu pembuatan peta rekomendasi pos lapangan pengungsian bencana Gunung Api Semeru.

Selanjutnya, alur pengolahan data untuk menentukan pos lapangan yang akan direkomendasikan menggunakan metode Promethee dijelaskan dalam 10 tahapan dalam hal ini:

Tahap pertama, mencari kriteria penentuan pos lapangan. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Nomor 14 Tahun 2010 untuk menentukan pos lapangan memiliki ciri sebagai berikut :

- (1) Pos lapangan menempati bangunan atau tenda. Spesifikasi tenda pengungsian adalah sebagai berikut:
 - a. Tenda pengungsian dengan ukuran 6x12 m
 - b. Mampu menahan panas matahari, anti air dan jamur
 - c. Alas dapat berupa terpal plastik
 - d. Satu tenda dapat memuat kapasitas ± 45 orang

- (2) Tempat yang cukup luas yang bisa menampung beberapa tenda. Biasanya yang dipilih adalah lapangan, sekolah dan berbagai fasilitas umum dan sosial lainnya. Selain itu, juga memiliki kriteria sarana sebagai berikut:
- Sarana komunikasi
 - Komputer
 - Pengeras suara
 - Peta Lokasi (geografi, peta lokasi wilayah terjadi, topografi)
 - Transportasi
- Sedangkan untuk pra-sarana setidaknya memiliki:

- Ruang rapat
 - Dapur
 - Kamar mandi
 - Ruang kesehatan
 - Tempat ibadah
- (3) Berdekatan dengan akses jalan utama memasuki wilayah bencana. Untuk memilih tempat pengungsian, akses jalan perlu diperhatikan. Jalan yang lebar akan memudahkan dalam mobilisasi pengungsi dan logistik. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya sesuai dengan UU Nomor 38 tahun 2004 adalah sebagai berikut:

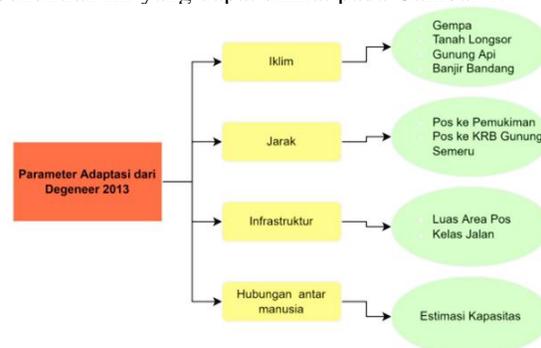
- Jalan Arteri, yaitu jalan umum yang dapat digunakan oleh kendaraan angkutan. Ciri-ciri dari jalan ini adalah memiliki jarak perjalanan yang jauh, kecepatan kendaraan yang tinggi, dan pembatasan secara berdayaguna pada jumlah jalan masuk.
- Jalan Kolektor, yaitu jaringan jalan umum yang ditujukan untuk kendaraan angkutan pembagi atau pengumpul. Ciri-cirinya adalah kecepatan kendaraan sedang, pembatasan pada jalan masuk, dan jarak perjalanan sedang.
- Jalan Lokal. Jalan lokal adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lokal. Ciri-cirinya adalah jarak perjalanan dekat, kecepatan terhitung rendah dan ada pembatasan pada jalan masuk.
- Jalan Lingkungan. Jalan lingkungan adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lingkungan. Ciri-cirinya terdiri dari jarak perjalanan dekat dengan kecepatan yang rendah.

Klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi jalan berdasarkan Perka BIG No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa, yaitu:

- Jalan Kolektor/Jalan Utama. Jalan yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata - rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- Jalan Lokal. Jalan yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - Jalan Lain. Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan dekat dan kecepatan rata-rata rendah.
- (4) Lokasi aman dan terbebas dari ancaman bencana. Lokasi tempat yang digunakan untuk pendirian pos lapangan harus terbebas dari bencana-bencana lainnya sehingga nantinya tidak akan menimbulkan bencana susulan. Untuk mengetahui apakah tempat tersebut aman dari bencana selain bencana letusan gunung api maka dilakukan overlay dengan KRB bencana-bencana lain yang diperoleh dari website InaRISK BNPB
- (5) Memiliki lahan parkir yang memadai. Lahan parkir yang luas semakin menguntungkan untuk tempat parkir kendaraan logistik.
- (6) Luas lahan sekurang-kurangnya 500 m²

Tahap kedua adalah penentuan parameter penilaian pos lapangan yang akan digunakan sebagai kriteria penilaian lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan mengacu pada penentuan lokasi strategis yang ditinjau dari 7 kriteria yaitu terkait biaya, waktu peniriman, jarak, infrastruktur, iklim, ekonomi, dan hubungan antar manusia (Degener, 2013). Berdasarkan kriteria dalam penentuan lokasi strategis tersebut selanjutnya diadaptasi untuk menentukan parameter yang akan digunakan sebagai penilaian lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Parameter Penilaian Penentuan Pos Lapangan

Gambar 1 adalah parameter penilaian pos lapangan yang digunakan dalam penelitian ini. Parameter tersebut diadaptasi dari penentuan lokasi strategis (Degener, 2013). Parameter adaptasi pada penelitian ini menggunakan 4 kriteria meliputi iklim, jarak, infrastruktur, dan hubungan antar

manusia. Kriteria iklim terbagi menjadi 4 subkriteria yaitu bahaya gempa, tanah longsor, gunung api dan banjir bandang. Kriteria jalan dibagi menjadi 2 subkriteria yaitu jarak pos ke pemukiman dan jarak pos ke KRB Gunung Api Semeru. Kriteria infrastruktur terbagi menjadi 2 subkriteria yaitu luas area pos lapangan dan kelas jalan untuk mengakses lokasi pos lapangan. Sedangkan kriterian hubungan antar manusia dalam hal ini merumakan estimasi kapasitas pos lapangan.

Tahap ketiga adalah mencari lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan KRB gunung semeru. Lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan ditentukan berdasarkan peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Nomor 14 Tahun 2010. Lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan berdasarkan peraturan ini adalah lokasi yang luas lahanya sekurang-kurangnya 500 m², memiliki lahan parkir yang memadai, lokasi aman dan terbebas dari ancaman bencana, mudah diakses, serta memiliki daya tampung yang mencukupi bagi pengungsi. Untuk memudahkan mencari lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan dilakukan menggunakan *software Google Earth Pro*. Dalam aplikasi ini dapat menggunakan *tool street view* yang dapat mengetahui kondisi lokasi di lapangan. Dengan menggunakan *tool street view* ini dapat melakukan interpretasi lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan yang sesuai karena dapat mengetahui kondisi jalan untuk kemudahan akses ke lokasi, kondisi lingkungan lokasi, dan luas lokasi. Setelah dilakukan proses interpretasi dari lokasi-lokasi yang memungkinkan menjadi pos lapangan di sekitar Gunung Semeru didapatkan sebanyak 34 lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan ini kemudian diolah menggunakan metode *Promethee* untuk menentukan pos lapangan pengungsian yang akan direkomendasikan. Pada Gambar 2 terlihat hasil pencarian lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi pos lapangan dengan simbol poin berwarna biru cukup tersebar merata di area terdampak yang perlu di ungsikan. Sedangkan poin berwarna kuning merupakan lokasi pos lapangan yang sudah ada sebelumnya, yang mana sudah digunakan sebagai tempat pengungsian.



Gambar 2. Potensi Lokasi Pos Lapangan Gunungapi Semeru

Tahap keempat adalah melakukan pembobotan potensi pos lapangan sesuai dengan nilai parameter. Pembobotan potensi pos lapangan pada penelitian ini diadaptasi berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Antika (2021) yang melakukan penelitian terkait penentuan lokasi pengungsian erupsi Gunung Kelud menggunakan metode simple additive weighting. Pada penelitian tersebut juga dilakukan pembobotan dari kriteria-kriteria yang digunakan untuk menentukan lokasi pengungsian yang sesuai. Pembobotan dari kriteria yang digunakan didapatkan dari hasil wawancara langsung dengan petugas BPBD Kabupaten Kediri dan petugas lapang Bamin Bhakti TNI yang mengarahkan pengungsian. Selain itu pembagian kelas interval pembobotan juga dilakukan dengan menghitung nilai kuartil bawah (Q1), kuartil tengah (Q2) dan kuartil atas (Q3) dari data nilai pembobotan.

Untuk parameter iklim, digunakan 4 kriteria indeks bahaya gempa, tanah longsor, gunung api, dan banjir bandang



Gambar 3. Kriteria Indeks Bahaya KRB Bencana (Sumber : Peta RBI Gunung Api BNPB)

Untuk indeks yang semakin tinggi, menandakan bahwa tingkat bahaya bencana juga semakin tinggi sehingga digunakan bobot yang semakin kecil. Pembagian kelas interval indeks bahaya diadaptasi dari penelitian Antika (2021) yang mana terdapat 4 kelas yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Pembagian 4 kelas tersebut diterapkan pada nilai kriteria indeks bahaya yang membagi menjadi 4 interval kelas untuk pembobotannya sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Indeks Bahaya Gunung Api

Kriteria Indeks Bahaya Gunung Api	Bobot
0 - 0,25	4
0,26 - 0,50	3
0,51 - 0,75	2
0,76 - 1	1

Tabel 2. Kriteria Indeks Bahaya Tanah Longsor

Kriteria Indeks Bahaya Tanah Longsor	Bobot
0 - 0,25	4
0,26 - 0,50	3
0,51 - 0,75	2
0,76 - 1	1

Tabel 3. Kriteria Indeks Bahaya Gempa

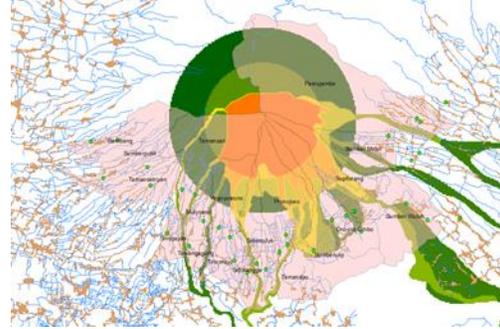
Kriteria Indeks Bahaya Gempa	Bobot
0 - 0,25	4
0,26 - 0,50	3
0,51 - 0,75	2
0,76 - 1	1

Tabel 4. Kriteria Indeks Bahaya Banjir Bandang

Kriteria Indeks Bahaya Banjir Bandang	Bobot
0 - 0,25	4
0,26 - 0,50	3
0,51 - 0,75	2
0,76 - 1	1

Untuk mendapatkan bobot dari setiap potansi pos lapangan yang akan diolah, perlu didapatkan nilai indeks bahaya gempa, tanah longsor, gunung api, dan banjir bandang. Nilai indeks bahaya tersebut dapat diketahui dengan cara Extract Values to Points menggunakan software ArcGIS. Extract Values to Points adalah proses analisis spasial yang mengekstrak nilai sel di lokasi yang ditentukan dalam kelas fitur titik dari satu raster atau lebih dan merekam nilai ke tabel atribut kelas fitur titik (ArcGIS Pro, 2022). Dalam proses Extract Values to Points menggunakan aplikasi ArcGIS, layer format shapefile point potansi pos lapangan dioverlay dengan layer format tiff raster dari masing-masing KRB bencana. Untuk lokasi potansi pos lapangan yang tidak tercover oleh layer tiff raster KRB bencana akan dianggap lokasi berada di tempat yang aman sehingga diberi nilai 0 dengan bobot maksimum yaitu 4.

Pembobotan parameter jarak dilakukan berdasarkan jarak pos ke pemukiman dan jarak pos ke KRB Gunung Semeru. Untuk pembobotan jarak pos lapangan ke pemukiman yaitu semakin dekat jarak pos dengan pemukiman, maka bobotnya akan semakin besar karena akan memudahkan dalam evakuasi penduduk dan sebaliknya jika semakin jauh bobotnya akan semakin kecil. Perhitungan nilai jarak pos ke pemukiman dilakukan menggunakan *tool ruler* pada *software ArcGIS* dengan mengukur jarak dari titik lokasi potansi pos pengungsian ke jarak terjauh pemukiman desa yang harus diungsikan.

**Gambar 4.** Pemukiman Desa Terdampak

Pada Gambar 4 dapat dilihat pos pengungsian yang diberi simbol berupa titik berwarna hijau muda sedangkan pemukiman diberi simbol berupa poligon berwarna oranye yang ditampal layer desa terdampak yang berwarna merah muda. Pembagian kelas interval pembobotan jarak pos ke pemukiman dilakukan dengan menghitung nilai kuartil bawah (Q1), kuartil tengah (Q2) dan kuartil atas (Q3) dari data hasil pengukuran jarak pos ke pemukiman. Hasil perhitungan didapatkan nilai Q1, Q2, dan Q3 pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Kuartil Hasil Pengukuran Jarak Pos ke Pemukiman

Kuartil	Nilai
Q1	1865
Q2	2526
Q3	3248

Kelas interval yang digunakan untuk pembobotan Kriteria parameter jarak pos ke pemukiman menggunakan nilai kuartil pada Tabel 6.

Tabel 6. Pembobotan Jarak Pos ke Pemukiman

Jarak Pos ke Pemukiman (m)	Bobot
0-1865	4
1866- 2526	3
2527- 3248	2
> 3248	1

Sedangkan untuk pembobotan jarak pos ke KRB Gunung Semeru, jika semakin jauh maka bobotnya maksimum karena ancaman bahaya bencana gunung api semakin kecil, dan sebaliknya jika semakin dekat maka bobotnya minimum karena lokasi semakin mendekati bahaya. Perhitungan nilai jarak dilakukan menggunakan *tool ruler* pada *software* ArcGIS dengan mengukur jarak dari titik lokasi pos pengungsian ke KRB Gunung Semeru. Untuk penilaian pembobotan jarak pos ke KRB Gunung Semeru berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Atika (2021) dengan menggunakan kriteria zona aman yang terbagi menjadi 4 kelas interval pada Tabel 7.

Tabel 7. Pembobotan Jarak Pos ke KRB Gunung Semeru

Jarak Pos ke KRB Gunung Semeru (Km)	Bobot
> 31	4
21-30	3
11-20	2
1 – 10	1

Untuk parameter infrastruktur digunakan pembobotan berdasarkan sub kriteria luas area pos dan kelas jalan untuk akses. Untuk sub kriteria luas area pos yang memiliki area yang luas akan memiliki bobot yang maksimum karena dapat menampung banyak pengungsi dan sebaliknya. Pembagian kelas interval pembobotan luas area pos dilakukan dengan menghitung nilai kuartil bawah (Q1), kuartil tengah (Q2) dan kuartil atas (Q3) dari data hasil pengukuran luas potensi pos lapangan. Pengukuran luas potensi pos lapangan dilakukan dengan *tool measurement* pada *software* *Google Earth Pro*. Hasil perhitungan dari data pengukuran luas potensi pos lapangan didapatkan nilai Q1, Q2, dan Q3 pada tabel 8.

Tabel 8 Perhitungan Kuartil Hasil Pengukuran Luas Potensi Pos Lapangan

Kuartil	Nilai
Q1	1189
Q2	3380
Q3	6250

Kelas interval yang digunakan untuk pembobotan kriteria luas area pos menggunakan nilai kuartil pada Tabel 9.

Tabel 9 Kriteria Pembobotan Berdasarkan Luas Area Pos

Luas Area Pos (m ²)	Bobot
> 6251	4
3381 - 6250	3
1190 - 3380	2
0 - 1189	1

Untuk kelas pembobotan sub kriteria kelas jalan akses potensi pos lapangan di klasifikasikan berdasarkan Perka BIG No. 3 tahun 2016 tentang spesifikasi teknis penyajian peta desa. Pembobotan diurutkan berdasarkan kelas jalan yang paling mudah diakses yaitu jalan yang lebar akan memiliki bobot maksimum karena akan memudahkan dalam mobilisasi kendaraan yang dimulai dari jalan kolektor, jalan lokal, jalan lain dan jalan setapak. Untuk mengetahui jenis jalan akses dari setiap potensi pos lapangan digunakan data shapefile jalan yang di download dari website *ina-geoportal* yang selanjutnya dilakukan overlay dengan layer potensi pos lapangan di *software* ArcGIS. Kelas interval dan pembobotan subparameter pada tabel 10.

Tabel 10 Kriteria Pembobotan Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas Jalan untuk Akses	Bobot
Jalan kolektor	4
Jalan lokal	3
Jalan lain	2
Jalan setapak	1

Parameter hubungan antar manusia menggunakan pembobotan berdasarkan estimasi kapasitas jiwa yang dapat ditampung. Semakin banyak kapasitasnya, maka bobotnya akan semakin tinggi. Estimasi kapasitas dihitung berdasarkan jumlah ruang dan luas lokasi potensi pos lapangan. Sedangkan nilai interval kelas pembobotan diadaptasi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prastika (2020) yang melakukan klasifikasi dan pembobotan total pengungsi dari pos lapangan pengungsian. Pada penelitian tersebut membagi klasifikasi total pengungsi menjadi 3 kelas yang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Klasifikasi Total Pengungsi (Prastika, 2020)

No	Klasifikasi	Klasifikasi Total Pengungsi	Skor
1	Tinggi	> 907	3
2	Sedang	521 - 907	2
3	Rendah	< 521	1

Berdasarkan klasifikasi total pengungsi yang dilakukan Prastika (2020) ini diadaptasi menjadi interval klasifikasi pembobotan estimasi kapasitas pada Tabel 12.

Tabel 12 Pembobotan Berdasarkan Estimasi Kapasitas

Estimasi Kapasitas (jiwa)	Bobot
>907	4
715-907	3
522-714	2
<521	1

Sehingga didapatkan 9 sub kriteria penilaian untuk selanjutnya dijadikan sebagai pembobotan 34 potensi pos lapangan yaitu bahaya gunung api (K1), bahaya tanah longsor (K2), bahaya gempa (K3), bahaya banjir bandang (K4), jarak pos ke pemukiman (K5), jarak pos ke KRB Gunung Semeru (K6), luas area (K7), kelas jalan (K8), dan kapasitas (K9).

Tahap kelima adalah menilai preferensi kriteria. Pada tahap ini membandingkan setiap potensi pos lapangan satu sama lain, dimulai dari pos 1 dengan pos 2 (1,2) dan seterusnya pos 1 dengan pos 34 (1,34) hingga pos 34 dengan pos 33 (34, 33) untuk menghitung selisihnya (X), contohnya X(34,33) berarti bobot pos 34 dikurangi bobot pos 33 untuk semua sub kriterianya. Kemudian menentukan Indeks preferensi multikriteria berdasarkan rata-rata bobot dari fungsi preferensi Px. Hal ini dapat disajikan dengan nilai 0 dan 1, dalam hal ini 0 menunjukkan preferensi yang lemah untuk nilai $X \leq 0$ sedangkan 1 menunjukkan preferensi yang kuat untuk nilai $X > 0$.

Tahap keenam adalah menghitung index preferensi multikriteria. Untuk menghitung nilai indeks preferensi multikriteria dilakukan dengan rumus berikut:

$$IPM = \frac{1}{nK} \times \sum_1^n Px \quad (1)$$

dalam hal ini:

nK = jumlah sub kriteria yang digunakan
 $\sum_1^n Px$ = jumlah total preferensi sub kriteria

Tahap ketujuh adalah menghitung *leaving flow*. Untuk menghitung nilai *leaving flow* dari setiap alternatif yang digunakan dilakukan dengan rumus berikut:

$$Leaving Flow = \frac{1}{N-1} \times \Sigma IPM Horizontal \quad (2)$$

dalam hal ini:

N = jumlah alternatif yang digunakan (jumlah potensi pos lapangan)

$\Sigma IPM Horizontal$ = jumlah total preferensi multikriteria horizontal

Tahap kedelapan adalah menghitung *entering flow*. Untuk menghitung nilai *entering flow* dari setiap alternatif yang digunakan dilakukan dengan rumus berikut:

$$Entering Flow = \frac{1}{N-1} \times \Sigma IPM Vertikal \quad (3)$$

dalam hal ini:

N = jumlah alternatif yang digunakan (jumlah potensi pos lapangan)

$\Sigma IPM Vertikal$ = jumlah total preferensi multikriteria Vertikal.

Tahap kesembilan adalah menghitung *net flow*. Untuk menghitung nilai *net flow* dari setiap alternative yang digunakan dilakukan dengan rumus berikut:

$$Net Flow = Leaving Flow - Entering Flow \quad (4)$$

Tahap kesepuluh adalah menentukan pos lapangan yang direkomendasikan. Potensi pos lapangan yang diterima adalah jika nilai *net flow* yang dihasilkan ≥ 0 dan sebaliknya jika nilai *net flow* potensi pos lapangan < 0 akan ditolak atau tidak direkomendasikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi pos lapangan yang diterima adalah jika nilai *net flow*-nya ≥ 0 dan sebaliknya jika nilai *net flow* potensi pos lapangan < 0 akan ditolak atau tidak direkomendasikan. Berdasarkan hasil *net flow* yang didapatkan, dapat dilihat pada Tabel 13 berikut adalah pos-pos yang direkomendasikan dan ditolak:

Tabel 13. Pos Lapangan yang Direkomendasikan dan Ditolak

No.	Pos Lapangan	Net Flow	Status
1	Lapangan Sumberwuluh Tengah	0.111111111	Direkomendasikan
2	Lapangan Kamar Kajang	0.164983165	Direkomendasikan
3	Lapangan SDN 1 Pronojiwo	0.269360269	Direkomendasikan
4	Lapangan Balai Desa Supiturang	0.144781145	Direkomendasikan
5	Lapangan SDN Oro-oro Ombo 4	0.101010101	Direkomendasikan
6	SMAN 1 Pronojiwo	0.245791246	Direkomendasikan

No.	Pos Lapangan	Net Flow	Status
7	Kantor Pronojiwo	0.104377104	Direkomendasikan
8	Balaidesa Sumberputih	-0.202020202	Ditolak
9	Lapangan Polsek Pasrujambe	0.124579125	Direkomendasikan
10	SMPN 1 Pasrujambe	0.202020202	Direkomendasikan
11	SDN 2 Sumbermujur	-0.084175084	Ditolak
12	SMPN 2 Candipuro	-0.074074074	Ditolak
13	Lapangan Penanggal	0.286195286	Direkomendasikan
14	SDN Sapiturang 1	-0.084175084	Ditolak
15	SMPN 1 Candipuro	0.232323232	Direkomendasikan
16	SDN Oro-oro Ombo 3	-0.02020202	Ditolak
17	SDN Sumberurip 1	-0.225589226	Ditolak
18	SDN Sidomulyo 2	0.087542088	Direkomendasikan
19	Balai Desa Sidomulyo	0.047138047	Direkomendasikan
20	Lapangan Sidorenggo	0.033670034	Direkomendasikan
21	SMPN 4 Ampelgading	0.03030303	Direkomendasikan
22	SDN 2 Agroyuwono	-0.01010101	Ditolak
23	Lapangan SMPN 5 Ampelgading	0.090909091	Direkomendasikan
24	SDN Tawangagung 2	-0.202020202	Ditolak
25	Kantor Desa Simojayan	-0.154882155	Ditolak
26	SDN 2 Tamansari	-0.138047138	Ditolak
27	SDN 4 Tamansatriyan	-0.205387205	Ditolak
28	SDN 2 Tamansatriyan	-0.006734007	Ditolak
29	SDN 3 Bambang	0.04040404	Direkomendasikan
30	SDN 1 Bambang	-0.154882155	Ditolak
31	Kantor Desa Mulyosari	-0.343434343	Ditolak
32	SDN Sidorenggo 2	-0.144781145	Ditolak
33	SDN Oro Oro Ombo 1	-0.127946128	Ditolak
34	SDN 1 Jambekumbu	-0.138047138	Ditolak

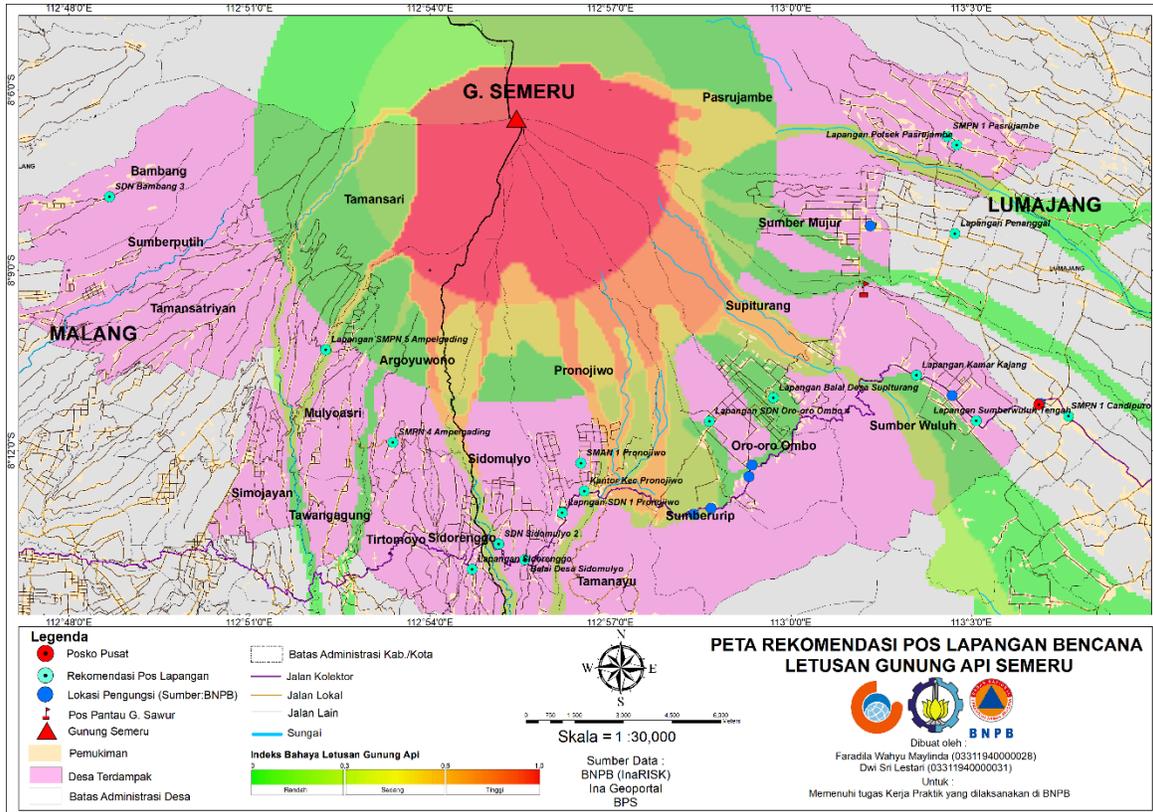
Berdasarkan hasil perhitungan *netflow* yang telah dilakukan didapatkan 17 pos lapangan yang direkomendasikan yang dapat dilihat pada tabel 14. Hasil perhitungan dengan menggunakan Metode *Promethee* untuk menentukan pos lapangan yang akan direkomendasikan memiliki nilai yang

berbeda-beda. Dalam tabel 14 menunjukkan bahwa Lapangan Penanggal memiliki nilai yang paling besar sedangkan Lapangan Polsek Pasrujambe memiliki nilai yang paling kecil. Nilai tersebut dipengaruhi oleh bobot dari setiap *sub*-kriteria yang digunakan. Pos lapangan pengungsian yang ditolak memiliki nilai *net flow* < 0. Nilai ini didapatkan dari selisih antara nilai *leaving flow* dengan *entering flow*. Nilai *leaving flow* dengan *entering flow* dari ke-34 data pos lapangan pengungsian yang digunakan dapat dilihat pada tabel S5 dan S6. Nilai tersebut didapatkan dari bobot parameter yang digunakan. Sehingga semakin kecil nilai bobot dari masing-masing parameter pada pos lapangan maka dapat membuat pos lapangan tersebut ditolak. Nilai bobot parameter dari ke-34 pos lapangan yang digunakan dapat dilihat pada tabel S1, S2, S3, dan S4 pada *supplementary material*.

Tabel 14. Pos Lapangan yang Direkomendasikan

No	Pos Lapangan	Net Flow	Status
1	Lapangan Penanggal	0.286195286	Direkomendasikan
2	Lapangan SDN 1 Pronojiwo	0.269360269	Direkomendasikan
3	SMAN 1 Pronojiwo	0.245791246	Direkomendasikan
4	SMPN 1 Candipuro	0.232323232	Direkomendasikan
5	SMPN 1 Pasrujambe	0.202020202	Direkomendasikan
6	Lapangan Kamar Kajang	0.164983165	Direkomendasikan
7	Lapangan Balai Desa Supiturang	0.144781145	Direkomendasikan
8	Lapangan Polsek Pasrujambe	0.124579125	Direkomendasikan
9	Lapangan Sumberwuluh Tengah	0.111111111	Direkomendasikan
10	Kantor Kec Pronojiwo	0.104377104	Direkomendasikan
11	Lapangan SDN Oro-oro Ombo 4	0.101010101	Direkomendasikan
12	Lapangan SMPN 5 Ampelgading	0.090909091	Direkomendasikan
13	SDN Sidomulyo 2	0.087542088	Direkomendasikan
14	Balai Desa Sidomulyo	0.047138047	Direkomendasikan
15	SDN Bambang 3	0.04040404	Direkomendasikan
16	Lapangan Sidorenggo	0.033670034	Direkomendasikan
17	SMPN 4 Ampelgading	0.03030303	Direkomendasikan

Pos-pos lapangan yang direkomendasikan selanjutnya dilakukan *layouting* menjadi peta rekomendasi pos lapangan bencana letusan Gunung Semeru skala 1:30.000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Rekomendasi Pos Lapangan Pengungsian Bencana Letusan Gunung Api Semeru

Perbandingan antara sub kriteria yang menjadi pembeda hasil nilai *promethee* antara SMPN 4 Ampelgading dengan Lapangan Penanggal ditunjukkan pada Tabel 15. Hal ini membuktikan bahwa pembobotan sub kriteria dengan Metode *Promethee* dapat bekerja dalam proses penentuan pos pengungsian bencana gunung api karena menunjukkan kelayakannya, sehingga semakin besar nilai *promethee* pos akan semakin layak. Pada gambar 6 terlihat bahwa pos lapangan yang direkomendasikan tersebar merata di desa-desa yang terdampak yang harus diungsikan, pos tidak berada di area yang terkena KRB letusan gunung api, jauh dari aliran sungai yang rentan terjadi banjir lahar dingin dan memiliki akses jalan yang memadai.

Tabel 15. Perbandingan Sub-Kriteria Metode Promethee

Sub Kriteria	SMPN 4 Ampelgading		Lapangan Penanggal	
	Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
Nilai Indeks Bahaya Gunung Api (K1)	0	4	0	4
Nilai Indeks Bahaya Longsor (K2)	0.3333 33343	3	0	4
Nilai Indeks Bahaya Gempa (K3)	0.2416 98503	4	0.2829	3
Nilai Indeks	0	4	0	4

Bahaya Banjir Bandang (K4)				
Jarak Pos ke Pemukiman (m) (K5)	1873	4	2333	3
Jarak Pos ke KRB Gunung Semeru (km) (K6)	10.662163	1	1473	4
Luas Area Pos (m ²) (K7)	10000	4	7800	4
Kelas Jalan untuk Akses (K8)	Jalan lokal	3	Jalan lokal	3
Estimasi Kapasitas (jiwa) (K9)	300	1	2700	4

Pos lapangan pengungsian yang direkomendasikan dibuat profilnya masing-masing menjadi tabel gazetir yang dapat dilihat pada tabel S7. Dalam gazetir ini setiap pos pengungsian yang direkomendasikan dilengkapi informasi alamat, bobot promethee, luas pos pengungsian, jumlah estimasi kapasitas, dan juga foto lokasi pos pengungsian. Foto lokasi pos pengungsian ini didapatkan dari *screen shoot* yang berasal dari *google street view*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa untuk menentukan potensi pos lapangan bencana letusan Gunung Semeru dapat menggunakan metode *Promethee* yang dapat memperhitungkan alternatif berdasarkan karakteristik yang berbeda terhadap nilai dan mengevaluasi alternatif kriteria dan memberikan peringkat alternatif untuk mendapatkan keputusan akhir. Untuk $net\ flow \geq 0$ maka akan diterima atau direkomendasikan, sedangkan jika nilai $net\ flow < 0$ berarti tidak direkomendasikan.

Pos lapangan pengungsian ditentukan berdasarkan parameter iklim, jarak, infrastruktur dan hubungan antar manusia. Kebanyakan tempat yang dipilih untuk dijadikan pos lapangan antara lain adalah lapangan dan fasilitas sosial seperti sekolah dan balai desa karena memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu memiliki tempat yang luas sehingga dapat menampung banyak pengungsi. Dari 34 lokasi yang berpotensi menjadi pos

lapangan yang selanjutnya diolah menggunakan metode promethee, hasil pengolahan didapatkan 17 lokasi yang memiliki (nilai $net\ flow \geq 0$) yang selanjutnya menjadi pos lapangan yang direkomendasikan.

Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan masukan dalam pengembangan hasil penelitian kedepannya. Dalam hal ini untuk mendapatkan hasil pos lapangan yang direkomendasikan lebih banyak maka dibutuhkan lokasi potensi pos yang memiliki bobot tinggi dari parameter yang digunakan sehingga perlunya mencari lokasi-lokasi pos yang berpotensi dengan seksama. Untuk memudahkan mencari pos yang berpotensi tersebut dapat menggunakan aplikasi *Google Earth* yang didalamnya memuat *tools street view* yang dapat mengetahui lokasi area pos yang akan direkomendasikan tanpa harus survey secara langsung. Untuk mengetahui fasilitas yang ada di pos yang akan direkomendasikan khususnya yang berada di instansi pendidikan seperti SD, SMP dan SMA dapat menggunakan website data pokok kemendikbud yang memuat informasi fasilitas jumlah ruang kelas, luas area, dan sanitasi sekolah untuk mengestimasi jumlah kapasitas dan fasilitas yang tersedia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan segenap keluarga penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan, Bapak Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika FTSPK ITS dan instansi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang telah memberi dukungan data dan serta arahan dan saran selama pelaksanaan kegiatan Kerja Praktik, serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ArcGIS Pro. 2022. Extract Multi Values to Points (Spatial Analyst). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/extract-multi-values-to-points.htm>. Diakses pada tanggal 11 November 2022.
- Antika, E., & Pratama, R. Y. 2021. *Penentuan Lokasi Pengungsian Erupsi Gunung Kelud Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (Study Kasus: Gunung Kelud)*. In Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) (Vol. 7, No. 1, pp. 613-620).

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2016. *Risiko Bencana Indonesia (RBI)*. Jakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2022. *Definisi Bencana*. <https://bnpb.go.id/definisi-bencana>. Diakses tanggal 06 Juli 2022.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2021. *Korban Meninggal Paska Erupsi Semeru Bertambah Menjadi 51 Jiwa*. <https://bnpb.go.id/berita/korban-meninggal-paska-erupsi-semeru-bertambah-menjadi-51-jiwa>. Diakses tanggal 06 Juli 2022.
- Degener, P., Gösling, H., Geldermann, J., 2013. *Decision support for the location planning in disaster areas using multi-criteria methods*. ISCRAM 2013 Conference Proceedings, 2013, 278–283.
- Kristina. 2008. *Sistem Informasi Geografis Penentuan Posko Bencana Alam (studi kasus: Daerah Kabupaten Bantul)*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Nugroho, A. 2018. *Pengembangan Model Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Meletus di Sekolah Dasar Lereng Gunung Slamet*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin*, 1(2), 131-137.
- Prastika, K. P., & Setiawan, M. A. 2020. *Penentuan Prioritas Tempat Pengungsian Erupsi Gunungapi Merapi di Kabupaten Sleman*. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 2(2), 18-33.
- Sudarsono, B., & Yuwono, B. D. (2019). Analisis Sebaran Aliran Lava Untuk Pembuatan Peta Mitigasi Bencana Gunung Slamet. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 2(01), 28-35.
- Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta.