

ANALISIS SPASIAL KESIAPAN FASILITAS KESEHATAN DI WILAYAH RAWAN ERUPSI GUNUNG RAUNG MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING

Wahdatul Ilmia Syifa Hafsari^{*1}, Okti Trihastuti Dyah Retnaningrum², Harsono³

^{1,2,3}Program Studi Informatika Medis, Universitas Widya Husada Semarang

e-mail : ^{*1}ilmia1906@gmail.com, ²okti.trihastuti@uwhs.ac.id, ³harsono@uwhs.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesiapan fasilitas kesehatan di wilayah rawan erupsi Gunung Raung, Kabupaten Banyuwangi, dengan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan algoritma K-Means Clustering. Sebanyak dua belas puskesmas dipetakan berdasarkan atribut spasial dan non-spasial seperti kapasitas tempat tidur, jumlah tenaga medis, ketersediaan IGD, dan akses evakuasi. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa mayoritas fasilitas termasuk dalam klaster kesiapan sedang, sementara dua puskesmas dikategorikan memiliki kesiapan tinggi dan dua lainnya berada pada tingkat kesiapan rendah. Visualisasi spasial yang dihasilkan membantu dalam mengidentifikasi prioritas peningkatan fasilitas dan mendukung strategi mitigasi berbasis wilayah. Temuan ini diharapkan menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam perencanaan tanggap darurat yang lebih efektif dan berbasis data spasial.

Kata Kunci: Sistem informasi geografis, kesiapan fasilitas kesehatan, Gunung Raung.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana geologi tertinggi di dunia, khususnya erupsi gunung berapi. Hal ini disebabkan oleh posisi geografis Indonesia yang berada di jalur cincin api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*), di mana terdapat lebih dari 120 gunung api aktif yang tersebar di seluruh kepulauan. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana sepanjang tahun 2022 terjadi 28 erupsi gunung api dengan dampak signifikan terhadap masyarakat, infrastruktur, dan sistem kesehatan setempat[1].

Salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap erupsi gunung berapi adalah Kabupaten Banyuwangi, yang menjadi bagian dari sistem Gunung Raung. Gunung Raung merupakan salah satu gunung api aktif di Jawa Timur yang dikenal memiliki potensi bahaya besar, baik dari letusan eksplosif maupun potensi bencana ikutan seperti gas beracun dan banjir lahar dingin. Berdasarkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2022), wilayah sekitar Gunung Raung telah diklasifikasikan ke dalam beberapa zona rawan

bencana (KRB), yang mencakup wilayah permukiman dan infrastruktur publik, termasuk fasilitas kesehatan.[2]

Dalam konteks kebencanaan, kesiapan fasilitas kesehatan menjadi komponen krusial untuk mengurangi dampak korban jiwa dan mempercepat respon darurat. *World Health Organization* [3] enekankan bahwa sistem kesehatan di wilayah rawan bencana harus memiliki kapasitas minimum yang mencakup aksesibilitas, ketersediaan sumber daya manusia, peralatan medis, dan jalur evakuasi yang aman. Kegagalan fasilitas kesehatan dalam merespon secara efektif sering kali menjadi faktor penentu tingginya angka mortalitas dan morbiditas pasca-bencana [4].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya pendekatan spasial dalam mengidentifikasi kerentanan dan kapasitas wilayah terhadap bencana. Contohnya, studi oleh Arma menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk memetakan risiko bencana di Sumatera Barat [5], sedangkan Rachmawati & Supriyadi menerapkan sistem informasi geografis (SIG) untuk memetakan fasilitas kesehatan terhadap banjir di Jakarta.[6] Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada identifikasi lokasi tanpa melakukan pengelompokan berdasarkan tingkat kesiapan fasilitas itu sendiri.

Metode *K-Means Clustering* merupakan salah satu teknik unsupervised learning yang efektif untuk mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristik tertentu. Dalam konteks pemetaan kesiapan fasilitas kesehatan, algoritma ini dapat dimanfaatkan untuk mengelompokkan fasilitas berdasarkan variabel seperti jumlah tenaga medis, kapasitas tempat tidur, jarak terhadap zona bahaya, dan ketersediaan akses evakuasi. Penelitian oleh Puspita et al. (2022) menunjukkan bahwa K-Means mampu mengklasifikasikan wilayah rentan COVID-19 berdasarkan variabel spasial dan demografis secara akurat. Oleh karena itu, kombinasi antara K-Means Clustering dan SIG memiliki potensi besar untuk mendukung perencanaan mitigasi bencana yang lebih presisi.[7]

Kabupaten Banyuwangi sendiri memiliki distribusi fasilitas kesehatan yang tersebar di berbagai wilayah, mulai dari daerah pantai hingga daerah lereng gunung. Namun, distribusi ini belum sepenuhnya memperhitungkan faktor risiko geologis secara spasial.

Selain itu, belum tersedia kajian sistematis berbasis data spasial yang mengelompokkan kesiapan fasilitas kesehatan di sekitar Gunung Raung terhadap potensi bencana erupsi. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam upaya mitigasi berbasis spasial, khususnya dalam sektor kesehatan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis spasial terhadap kesiapan fasilitas kesehatan di wilayah rawan erupsi Gunung Raung di Kabupaten Banyuwangi dengan menggunakan pendekatan K-Means Clustering. Melalui pendekatan ini, fasilitas kesehatan akan dikelompokkan berdasarkan tingkat kesiapan mereka, sehingga dapat dihasilkan peta klasifikasi kesiapan yang mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan evakuasi dan penguatan sistem kesehatan di wilayah rawan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah, Dinas Kesehatan, serta Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dalam menyusun strategi mitigasi dan respons yang lebih efektif.

Dengan demikian, pemanfaatan teknologi analisis spasial dalam konteks kesiapan fasilitas kesehatan bukan hanya menjadi upaya akademik, tetapi juga merupakan kontribusi nyata terhadap pengurangan risiko bencana di Indonesia yang semakin kompleks. Tidak harus implisit dinyatakan sebagai dasar teori, perancangan, dan sebagainya.

A. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data yang memiliki referensi spasial atau koordinat geografis [8]. SIG memungkinkan visualisasi data dalam bentuk peta tematik, yang sangat berguna dalam proses perencanaan, mitigasi, dan respons terhadap bencana. Dalam konteks kebencanaan, SIG digunakan untuk memetakan sebaran risiko, jalur evakuasi, dan lokasi fasilitas penting seperti rumah sakit dan puskesmas. Pemanfaatan SIG dalam pemetaan kesiapan fasilitas kesehatan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai keterjangkauan layanan medis terhadap wilayah terdampak bencana. SIG juga mendukung integrasi antara variabel spasial (seperti jarak dari kawah atau zonasi bahaya) dengan atribut non-spasial (seperti kapasitas fasilitas dan jumlah tenaga medis), sehingga sangat sesuai untuk mendukung analisis multivariat berbasis spasial.

B. Kesiapan Fasilitas Kesehatan terhadap Bencana

Kesiapan fasilitas kesehatan terhadap bencana merupakan ukuran kemampuan suatu fasilitas dalam merespons secara cepat, efektif, dan berkelanjutan terhadap kondisi darurat. Menurut WHO indikator kesiapan meliputi lima dimensi utama [3] : sumber daya manusia, logistik dan peralatan, infrastruktur, sistem rujukan, serta koordinasi manajemen bencana. Dalam konteks gunung berapi, tambahan indikator spasial seperti lokasi terhadap zona rawan bencana, aksesibilitas, dan integrasi dengan jalur evakuasi menjadi sangat penting [4].

Fasilitas kesehatan yang berada di zona rawan erupsi gunung berapi harus memiliki kapasitas lebih untuk evakuasi cepat, layanan gawat darurat, dan dukungan logistik. Di Indonesia, kajian kesiapan seperti ini masih

terbatas dan umumnya belum berbasis pada integrasi data spasial serta pengelompokan data berbasis algoritma.

C. K-Means Clustering

K-Means Clustering adalah metode unsupervised learning yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam sejumlah klaster berdasarkan kemiripan nilai variabel-variabel tertentu. Algoritma ini bekerja dengan menentukan sejumlah pusat klaster (*centroid*) secara acak, lalu secara iteratif memperbarui posisi centroid berdasarkan rata-rata anggota klaster hingga mencapai konvergensi [9].

Secara matematis, algoritma *K-Means* bertujuan meminimalkan fungsi objektif sebagai berikut:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in C_j} \|x_i - \mu_j\| \quad (a)$$

- J : total kuadrat jarak antar anggota klaster ke centroid,
- k : jumlah klaster yang ditentukan,
- C_j : klaster ke- j
- x_i : data ke-iii dalam klaster,
- μ_j : centroid klaster ke- j

Jarak yang umum digunakan adalah *Euclidean Distance*, yaitu:

$$\|x - y\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (b)$$

Dalam penelitian ini, *K-Means* digunakan untuk mengelompokkan fasilitas kesehatan berdasarkan variabel kesiapan seperti kapasitas tempat tidur, jumlah tenaga kesehatan, ketersediaan peralatan gawat darurat, dan jarak terhadap zona erupsi.

D. Integrasi K-Means dan SIG dalam Analisis Spasial

Kombinasi antara *K-Means Clustering* dan SIG memberikan pendekatan yang kuat untuk pemetaan spasial berbasis data. *K-Means* bertindak sebagai alat klasifikasi berbasis atribut numerik, sementara SIG berfungsi sebagai media visualisasi spasial untuk menampilkan hasil klasifikasi ke dalam bentuk peta tematik. Penelitian oleh Prasetyo [10] menunjukkan bahwa integrasi ini mampu mengidentifikasi prioritas wilayah rawan banjir berdasarkan faktor spasial dan sosial ekonomi. Dalam konteks wilayah rawan erupsi, peta hasil klasifikasi dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat kesiapan masing-masing fasilitas kesehatan berdasarkan lokasinya terhadap zona bahaya. Hasil ini penting sebagai dasar kebijakan distribusi sumber daya kesehatan dan perencanaan evakuasi berbasis spasial.[10].

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-spasial. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini melibatkan pengumpulan dan pengolahan data numerik yang dapat dianalisis secara statistik. Sementara itu, metode deskriptif-spasial dipilih untuk menggambarkan dan memvisualisasikan fenomena kesiapan fasilitas kesehatan secara geografis, khususnya di wilayah rawan erupsi Gunung Raung. Melalui metode ini, setiap objek penelitian dipetakan berdasarkan

karakteristik spasial dan atributnya, sehingga diperoleh gambaran distribusi dan pola kesiapan yang jelas[11].

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah administratif Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, yang termasuk dalam Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Raung. Penentuan lokasi dilakukan berdasarkan data resmi dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) yang memetakan zonasi KRB Gunung Raung. Lokasi ini dipilih karena memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap ancaman erupsi, serta terdapat sejumlah fasilitas kesehatan yang strategis bagi penanganan bencana. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2025, dengan proses mulai dari pengumpulan data, pengolahan, hingga analisis dan penyusunan hasil.

C. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data spasial dan data atribut.

Data spasial mencakup batas wilayah administratif, peta zonasi KRB Gunung Raung, serta titik koordinat fasilitas kesehatan. Data ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan PVMBG. Data spasial berfungsi untuk menentukan posisi geografis setiap fasilitas kesehatan dan hubungannya dengan zona bahaya erupsi.

Data atribut meliputi kapasitas tempat tidur, jumlah tenaga medis, ketersediaan layanan gawat darurat (IGD), serta jarak fasilitas terhadap pusat erupsi. Data atribut ini diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Banyuwangi dan sumber sekunder daring yang relevan. Data atribut digunakan sebagai variabel klasifikasi dalam metode K-Means Clustering.

D. Tahapan Analisis Data

Proses analisis data dilakukan melalui dua tahapan utama:

- Tahap pertama adalah pengolahan data spasial menggunakan perangkat lunak QGIS. Tahap ini bertujuan untuk memetakan lokasi fasilitas kesehatan dan menentukan posisinya terhadap zona rawan erupsi. Proses ini melibatkan overlay peta fasilitas kesehatan dengan peta zonasi KRB.
- Tahap kedua adalah penerapan algoritma K-Means Clustering menggunakan perangkat lunak SPSS. Algoritma ini digunakan untuk mengelompokkan fasilitas kesehatan ke dalam tiga kategori kesiapan: tinggi, sedang, dan rendah, berdasarkan variabel atribut yang telah dinormalisasi. Penentuan jumlah klaster dilakukan dengan Metode Elbow, yang mengidentifikasi titik optimal pada grafik nilai inertia sehingga diperoleh jumlah klaster yang paling representatif.

E. Integrasi dan Visualisasi

Hasil klasifikasi *K-Means* kemudian diintegrasikan kembali ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta tematik. Peta ini menampilkan distribusi spasial kesiapan fasilitas kesehatan di wilayah sekitar Gunung Raung, lengkap dengan kategorisasi

tingkat kesiapan. Visualisasi ini digunakan untuk menganalisis hubungan antara kesiapan fasilitas kesehatan dengan tingkat ancaman erupsi, sekaligus menjadi dasar penyusunan rekomendasi mitigasi bencana berbasis spasial.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis dan Perancangan

Tahap awal penelitian dimulai dengan analisis spasial wilayah terdampak erupsi Gunung Raung. Proses ini menggunakan peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) yang diterbitkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) sebagai acuan utama. Peta KRB tersebut memuat klasifikasi wilayah ke dalam beberapa zona bahaya, di mana KRB II dan KRB III merupakan area dengan potensi bahaya tinggi yang dapat terdampak langsung oleh erupsi, aliran lava, lontaran material vulkanik, maupun awan panas.

Analisis spasial dilakukan dengan cara overlay antara peta KRB dan data spasial fasilitas kesehatan. Proses overlay ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana infrastruktur kesehatan—terutama puskesmas, rumah sakit, dan fasilitas medis lainnya—terpapar bahaya geologis. Dari hasil overlay, ditemukan bahwa sejumlah fasilitas kesehatan berada dalam cakupan langsung zona KRB II dan KRB III. Temuan ini menunjukkan adanya kerentanan signifikan terhadap gangguan layanan kesehatan apabila erupsi terjadi, mengingat wilayah tersebut berpotensi mengalami akses yang terhambat, kerusakan fasilitas, hingga meningkatnya jumlah pasien secara tiba-tiba akibat bencana.

Langkah berikutnya adalah perancangan model klasifikasi kesiapan fasilitas kesehatan. Model ini disusun untuk mengelompokkan setiap fasilitas ke dalam kategori kesiapan tinggi, sedang, atau rendah, berdasarkan sejumlah variabel yang relevan dengan kondisi lapangan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Kecamatan : lokasi administratif tempat fasilitas berada, yang mempengaruhi jarak terhadap pusat bencana, kepadatan penduduk, dan aksesibilitas.
- Bidan : jumlah tenaga bidan yang tersedia di fasilitas, yang menjadi ujung tombak pelayanan kesehatan ibu dan anak dalam situasi normal maupun darurat.
- RSU (Rumah Sakit Umum) : keberadaan rumah sakit umum di wilayah tersebut, yang menentukan kapasitas rujukan dan pelayanan gawat darurat lanjutan.
- Dokter Gigi : jumlah tenaga dokter gigi sebagai bagian dari tenaga medis, yang mencerminkan kelengkapan layanan kesehatan primer.
- Perawat : ketersediaan perawat sebagai tenaga pendukung utama pelayanan medis dan keperawatan, baik di rawat jalan maupun rawat inap.
- Laboratorium : fasilitas laboratorium medis yang memungkinkan pemeriksaan cepat terhadap kondisi kesehatan pasien, termasuk diagnosis awal dalam situasi darurat.
- Dokter: jumlah tenaga dokter umum/spesialis yang bertugas, sebagai indikator kapasitas pelayanan kesehatan primer dan sekunder.

Tabel 1. Distribusi Fasilitas Kesehatan Pada Kabupaten Banyuwangi

(Sumber : Data Dinkes Kabupaten Banyuwangi 2025)

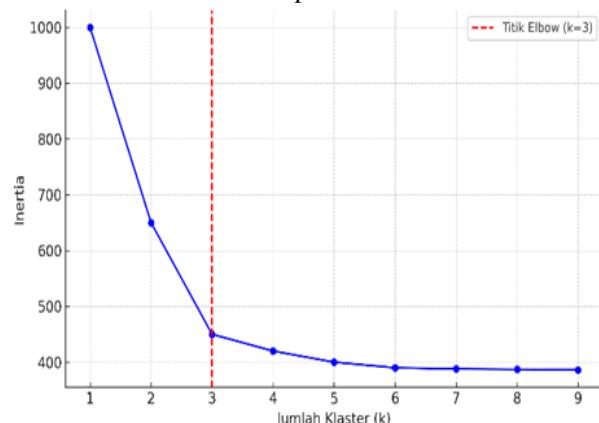
Kec	Bidan	RSU	Dokter Gigi	Perawat	Lab	Dokter
Bangorejo	1	0	0	0	0	1
Banyuwangi	3	2	11	3	0	1
Blimbingsari	1	0	0	0	0	0
Cluring	13	2	0	1	2	1
Gambiran	9	3	0	0	0	0
Genteng	6	2	7	1	2	1
Giri	1	1	2	0	0	1
Glagah	1	1	1	1	0	1
Glenmore	4	1	3	0	0	1
Kabat	4	1	2	5	0	2
Kalibaru	20	2	0	2	0	2
Kalipuro	3	0	0	0	1	0
Licin	1	0	1	1	0	1
Muncar	13	1	0	4	0	1
Pesanggaran	2	0	0	0	0	0
Purwoharjo	11	4	4	1	4	2
Rogojampi	4	2	1	1	0	1
Sempu	2	0	1	0	0	1
Siliragung	1	0	0	0	0	0
Singojuruh	2	0	1	2	0	1
Songgon	1	0	0	0	0	0
Srono	8	1	0	2	0	0
Tegaldlimo	12	1	0	0	0	0
Tegalsari	0	0	0	0	1	1
Wongsorejo	3	1	0	0	0	2

Tabel 1. Distribusi Fasilitas Kesehatan. menunjukkan distribusi fasilitas kesehatan di Kabupaten Banyuwangi yang sangat bervariasi. Kecamatan Kalibaru memiliki bidan terbanyak (20), sedangkan Purwoharjo unggul dengan 4 RSU, 4 laboratorium, serta tenaga medis beragam. Banyuwangi dan Genteng juga relatif lengkap dengan jumlah dokter gigi dan perawat lebih tinggi. Sebaliknya, kecamatan seperti Siliragung, Songgon, Pesanggaran, dan Tegalsari sangat minim fasilitas, menandakan ketimpangan signifikan antar wilayah.

Penentuan jumlah klaster dilakukan menggunakan Elbow Method. Metode ini memanfaatkan grafik hubungan antara jumlah klaster dengan nilai inertia (total jarak kuadrat antar data dan pusat klaster). Titik tekuk (elbow) pada grafik menunjukkan jumlah klaster optimal, yaitu jumlah yang memberikan keseimbangan antara keakuratan pengelompokan dan efisiensi model. Berdasarkan hasil analisis, titik elbow ditemukan pada $k = 3$, sehingga ditetapkan tiga kategori kesiapan, yaitu:

- a) Kesiapan Tinggi, fasilitas memiliki tenaga medis yang lengkap, sarana prasarana memadai, serta akses evakuasi yang baik.
- b) Kesiapan Sedang, fasilitas memiliki kapasitas dan sumber daya yang cukup, tetapi masih terdapat keterbatasan pada aspek tertentu seperti jumlah tenaga spesialis atau kelengkapan peralatan.

c) Kesiapan Rendah, fasilitas dengan keterbatasan signifikan, baik dari sisi tenaga medis, sarana pendukung, maupun aksesibilitas, sehingga sangat rentan terhadap gangguan layanan saat bencana. Proses analisis dan perancangan ini menjadi dasar penting untuk tahap selanjutnya, yaitu implementasi klasterisasi dan visualisasi spasial.



Gambar 1 Grafik Elbow Method

Gambar 1 menunjukkan grafik Elbow Method dengan penurunan inertia signifikan hingga $k=3$, yang menjadi titik elbow. Ini menandakan bahwa tiga klaster merupakan jumlah optimal untuk mengelompokkan data

kesiapan fasilitas kesehatan secara efisien dan tidak berlebihan[9].

B. Implementasi dan Pengujian

Selain melihat kesiapan fasilitas kesehatan dari sisi kapasitas dan lokasi, aspek pendukung seperti keberadaan dan keterhubungan dengan Sistem Penanggulangan Gawat Darurat Terpadu (SPGDT) juga menjadi bagian penting dalam penanganan situasi krisis, khususnya saat terjadi erupsi gunung berapi. SPGDT merupakan sistem layanan kegawatdaruratan yang terintegrasi, mulai dari komunikasi gawat darurat (call center 119), mobilisasi ambulans dengan tenaga medis, hingga sistem rujukan ke fasilitas kesehatan yang lebih mampu. Dalam konteks

wilayah rawan bencana seperti Gunung Raung, keberadaan fasilitas kesehatan yang masuk dalam kategori “kesiapan rendah” dan berada di zona KRB tinggi perlu mendapatkan perhatian khusus terkait keterhubungannya dengan sistem SPGDT. Tanpa dukungan sistem transportasi medis dan jalur komunikasi darurat yang baik, fasilitas di zona terdampak berisiko mengalami keterlambatan penanganan pasien, sehingga memperburuk dampak bencana. Oleh karena itu, hasil klasifikasi spasial dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk memperkuat jaringan SPGDT, terutama dengan mengutamakan wilayah dengan akses evakuasi terbatas dan fasilitas pelayanan yang minim.

Tabel 2 Jarak Tiap Kecamatan ke Gn.Raung

(Sumber : Diolah Penulis 2025)

Kecamatan	Latitude	Longitude	Jarak_ke_Raung_km
Bangorejo	-8.5169	114.1831	46.27
Banyuwangi	-8.2192	114.3694	37.56
Blimbing sari	-8.31	114.34	38.74
Cluring	-8.4008	114.2475	38.12
Gambiran	-8.4673	114.1866	41.27
Genteng	-8.3667	114.15	29.4
Giri	-8.1919	114.35	34.74
Glagah	-8.2	114.3167	31.4
Glenmore	-8.3167	114.1	22.26
Kabat	-8.2833	114.2833	31.89
Kalibaru	-8.3	113.9667	21.14
Kalipuro	-8.15	114.35	34.05
Licin	-8.15	114.25	23.1
Muncar	-8.45	114.3333	48.33
Pesanggaran	-8.5333	114.0833	45.63
Purwoharjo	-8.5333	114.2167	49.31
Rogojampi	-8.3167	114.3	35.53
Sempu	-8.35	114.0667	25.17
Siliragung	-8.5667	114.1	49.53
Singojuruh	-8.3167	114.1667	25.37
Songgon	-8.3	114.15	22.82
Srono	-8.4	114.2167	36.14
Tegaldlimo	-8.5833	114.3167	59.26
Tegalsari	-8.35	114.0167	25.17
Wongsorejo	-8	114.3167	33.31

Data ini berisi 25 kecamatan di Kabupaten Banyuwangi beserta koordinat lintang (latitude), bujur (longitude), dan jarak ke Gunung Raung (dalam kilometer). Informasi ini penting untuk analisis spasial, khususnya dalam pemetaan potensi risiko dan kesiapan wilayah menghadapi erupsi Gunung Raung.

a) Kecamatan terdekat dengan Gunung Raung adalah Kalibaru (21,14 km), Glenmore (22,26 km), Songgon (22,82 km), dan Licin (23,10 km). Kecamatan ini memiliki tingkat keterpaparan tinggi terhadap potensi bahaya erupsi, baik dari material vulkanik, awan panas, maupun lahar dingin.

b) Kecamatan dengan jarak sedang (sekitar 30–40 km) meliputi Glagah (31,40 km), Kabat (31,89 km), Kalipuro (34,05 km), Giri (34,74 km), Rogojampi (35,53 km), dan Srono (36,14 km). Wilayah ini tetap berpotensi terdampak, terutama jika erupsi menghasilkan lontaran material atau aliran lahar besar.

c) Kecamatan yang relatif jauh dari Gunung Raung, dengan jarak di atas 45 km, di antaranya Bangorejo (46,27 km), Pesanggaran (45,63 km), Purwoharjo (49,31 km), Siliragung (49,53 km), dan Tegaldlimo yang merupakan kecamatan terjauh dengan jarak 59,26 km. Meskipun jauh, wilayah ini masih berpotensi terdampak secara tidak langsung seperti hujan abu

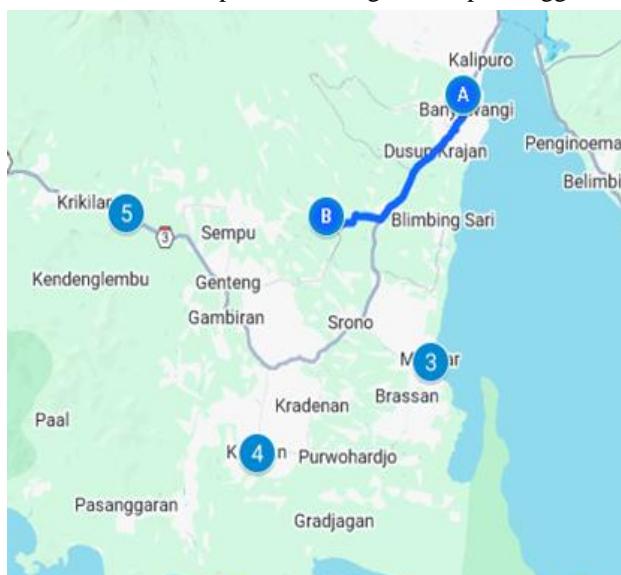
vulkanik atau peningkatan kebutuhan pelayanan kesehatan akibat migrasi penduduk dari daerah terdampak langsung.

Koordinat latitude dan longitude pada tabel dapat digunakan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memvisualisasikan sebaran kecamatan relatif terhadap pusat erupsi Gunung Raung. Analisis spasial ini memungkinkan pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat risiko dan mendukung perencanaan mitigasi bencana secara lebih tepat sasaran.

Sempu di bagian barat daya menunjukkan bahwa kesiapan tidak selalu berkorelasi langsung dengan kedekatan terhadap pusat erupsi, melainkan lebih dipengaruhi oleh kesiapan internal fasilitas tersebut.

Sementara itu, dua puskesmas lainnya Puskesmas Jajag dan Grajagan masuk ke dalam klaster kesiapan rendah. Keduanya berlokasi di sisi selatan dan tenggara Kabupaten Banyuwangi. Klasifikasi ini menunjukkan bahwa fasilitas-fasilitas tersebut memiliki keterbatasan signifikan dalam hal sumber daya dan dukungan infrastruktur, yang berpotensi menimbulkan hambatan dalam proses penanganan darurat apabila terjadi letusan Gunung Raung.

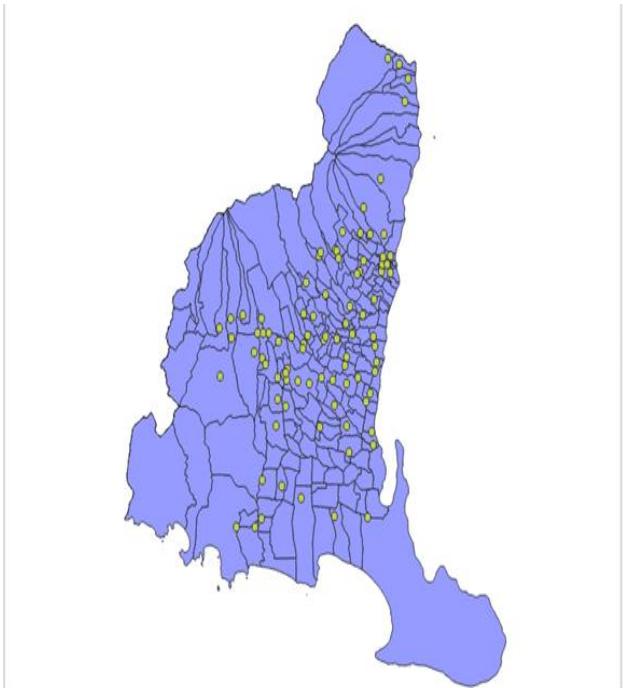
Pola spasial dari hasil klasifikasi ini mempertegas pentingnya integrasi data spasial dalam perencanaan kebencanaan, khususnya dalam sektor kesehatan. Pemerintah daerah dan instansi terkait seperti BPBD serta Dinas Kesehatan dapat menggunakan hasil ini sebagai dasar untuk menyusun strategi redistribusi sumber daya, peningkatan kapasitas puskesmas di klaster rendah, serta perencanaan jalur evakuasi yang mempertimbangkan aksesibilitas terhadap fasilitas dengan kesiapan tinggi.



Gambar 2 Titik Lokasi SPGDT Banyuwangi
(Sumber : Portal Dinkes Kab.Banyuwangi)

Gambar 2 , Menunjukkan penyebaran lokasi titik-titik strategis SPGDT di wilayah Kabupaten Banyuwangi, [12] yang tersebar secara geografis dari utara ke selatan. Titik (A) berada di pusat kota Banyuwangi, yang kemungkinan berperan sebagai pusat kendali atau call center SPGDT. Jalur utama dari (A) ke (B) menunjukkan rute transportasi darurat utama, menghubungkan pusat kota dengan wilayah barat daya, melewati kawasan padat seperti Dusun Krajan, Genteng, dan Blimbingsari.

Titik (3), (4), dan (5) menunjukkan lokasi fasilitas kesehatan atau pos koordinasi SPGDT di wilayah selatan dan barat daya Kabupaten Banyuwangi, yang meliputi area Srono, Purwoharjo, dan sekitar Krikilan. Penempatan ini sangat strategis karena mencakup wilayah yang berdekatan dengan zona rawan bencana, seperti jalur evakuasi dari Gunung Raung dan wilayah pesisir[13].



Gambar 3 Sebaran data Fasilitas Kesehatan Kabupaten Banyuwangi Dalam Data QGIS

(Sumber : Diolah Penulis dalam Software QGIS 2025)

Gambar 3 tersebut menampilkan peta sebaran fasilitas kesehatan (faskes) di wilayah penelitian, yang ditandai dengan titik-titik berwarna kuning di atas batas administratif berwarna biru. Distribusi titik menunjukkan bahwa faskes tersebar cukup merata di seluruh wilayah, dengan konsentrasi yang lebih padat di bagian tengah dan utara daerah. Beberapa titik berada di wilayah perbatasan, sementara bagian selatan dan tenggara terlihat memiliki jumlah faskes yang lebih sedikit. Kondisi ini mengindikasikan adanya perbedaan tingkat aksesibilitas layanan kesehatan antar wilayah. Sebaran ini dapat digunakan sebagai dasar analisis spasial untuk melihat hubungan antara lokasi fasilitas kesehatan dengan jalur transportasi, kepadatan penduduk, serta tingkat kerawanan bencana seperti erupsi Gunung Raung.

Kategori	Cluster	Cluster	Cluster
	1	2	3
Bidan	8	3	20
RSU	1	1	2
Dokter gigi	1	2	0
Perawat	1	1	2
Laboratorium	1	0	0
Dokter Umum	1	1	2
Jarak	47.22	30.42	21.14

Hasil analisis menggunakan metode K-Means Clustering menghasilkan tiga kelompok kesiapan fasilitas

kesehatan. Klaster 1 terdiri dari fasilitas dengan rata-rata tenaga medis rendah dan jarak relatif jauh dari Gunung Raung (± 47 km).

Meskipun memiliki risiko rendah terhadap dampak langsung erupsi, kapasitas respons di klaster ini terbatas sehingga kurang optimal dalam situasi darurat. Klaster 2 berada pada jarak menengah (± 30 km) dengan ketersediaan tenaga medis yang moderat, namun masih memiliki keterbatasan sarana penunjang, khususnya laboratorium. Klaster 3 memiliki jumlah tenaga medis paling banyak, termasuk bidan dan dokter umum, serta berada pada jarak terdekat dari Gunung Raung (± 21 km). Walaupun memiliki tingkat kerawanan lebih tinggi, fasilitas dalam klaster ini justru tergolong paling siap dalam penanganan gawat darurat karena kelengkapan tenaga medis dan sarana pendukungnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kesiapan fasilitas kesehatan di wilayah rawan erupsi Gunung Raung terbagi ke dalam tiga klaster. Klaster 1 memiliki tenaga medis terbatas dan berlokasi relatif jauh dari pusat erupsi, sehingga risiko paparan rendah tetapi kapasitas respons juga terbatas. Klaster 2 memiliki tenaga medis moderat pada jarak menengah, namun masih kekurangan sarana penunjang seperti laboratorium. Klaster 3 memiliki jumlah tenaga medis terbanyak dan berada paling dekat dengan Gunung Raung, sehingga meskipun berisiko tinggi terdampak, fasilitas pada klaster ini justru paling siap dalam menghadapi kondisi darurat. Kecamatan Kalibaru ditetapkan sebagai pusat kesiapan tertinggi dan dapat dijadikan lokasi utama evakuasi dan penanganan gawat darurat.

B. Saran

1. Peningkatan Kapasitas Faskes Klaster 1 dan 2: Pemerintah daerah perlu memperkuat tenaga medis, peralatan darurat, serta ketersediaan laboratorium pada fasilitas kesehatan yang saat ini masih terbatas.
2. Penguatan Sistem Rujukan: Integrasi dengan SPGDT (Sistem Penanggulangan Gawat Darurat Terpadu) harus diperluas agar fasilitas dengan kesiapan rendah tetap mampu memberikan layanan awal sebelum pasien dirujuk ke fasilitas yang lebih siap.
3. Fokus pada Klaster 3: Fasilitas kesehatan di wilayah dengan kesiapan tinggi, seperti Kalibaru, perlu difungsikan sebagai sentra evakuasi dan penanganan dengan dukungan logistik tambahan untuk mengantisipasi lonjakan pasien.
4. Strategi Mitigasi Spasial: Hasil peta klasifikasi kesiapan harus dijadikan dasar dalam penyusunan rencana kontinjenensi bencana yang berbasis data spasial, sehingga distribusi sumber daya lebih tepat sasaran.
5. Evaluasi Berkala: Kesiapan fasilitas kesehatan perlu dievaluasi secara rutin, terutama ketika terdapat perubahan kondisi infrastruktur, jumlah tenaga medis, atau tingkat aktivitas Gunung Raung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BNPB, "Data Bencana Indonesia Tahun 2022," Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Jakarta, 2023.
- [2] PVMBG, "Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Raung," Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung, 2022.
- [3] W. H. Organization, Hospital Preparedness for Emergencies. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [4] P. A. Burrough and R. A. McDonnell, Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- [5] D. Arma and M. Prasetya, "Analisis Risiko Bencana Alam Menggunakan AHP dan SIG," J. Geogr. dan Lingkung., vol. 5, no. 2, pp. 101–112, 2020.
- [6] N. Rachmawati and A. Supriyadi, "Mapping of Health Facility Vulnerability in Flood-Prone Areas Using GIS," Surabaya.
- [7] R. Puspita, "Analisis Spasial Klasifikasi Wilayah COVID-19 Menggunakan K-Means," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2022.
- [8] S. Association, The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. Geneva: Sphere Association, 2018.
- [9] A. K. Jain, "Data Clustering: 50 Years Beyond K-Means," Pattern Recognit. Lett., vol. 31, no. 8, pp. 651–666, 2010.
- [10] B. Prasetyo and T. Lestari, "Pemetaan Spasial Risiko Banjir Berbasis Data Sosial dan Lingkungan," J. Tek. ITS, vol. 11, no. 1, pp. F54–F59, 2022.
- [11] D. Widodo and L. Susanti, "Penggunaan GIS untuk Analisis Aksesibilitas Fasilitas Kesehatan," J. Inf. Kesehat. Indones., vol. 8, no. 1, pp. 25–33, 2020.
- [12] B. Banyuwangi, "Rencana Kontinjenensi Bencana Letusan Gunung Raung," Pemerintah Kabupaten Banyuwangi, Banyuwangi, 2021.
- [13] H. Suprapto and E. Ningsih, "Strategi Penguatan SPGDT dalam Penanganan Bencana Alam," J. Manaj. Bencana Indones., vol. 5, no. 1, pp. 17–26, 2023.