

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempa bumi merupakan sebuah bencana alam yang sangat merugikan dan banyak memakan korban jiwa karena tidak dapat diprediksi baik dari segi waktu, lokasi, maupun kekuatannya (Manalu dkk., 2021). Besar kecilnya kekuatan gempa sangat beragam, ada gempa yang terjadi dengan kekuatan yang sangat kecil dan sulit dirasakan hingga kekuatan gempa yang sangat besar hingga meruntuhkan bangunan yang kokoh karena adanya getaran tanah (Sonhaji, 2023).

Indonesia ialah negara kepulauan yang merupakan tempat bertemunya empat lempeng besar dunia, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia (lempeng India dan lempeng Australia), dan lempeng Filipina. Pertemuan lempeng-lempeng tersebut yang menyebabkan terjadinya patahan aktif di daratan maupun dasar lautan. Aktivitas benturan maupun patahan tersebut menyebabkan terjadinya gempa bumi (Al Faridzi dkk, 2024). Pulau Sumatera adalah pulau terbesar keenam di dunia yang terletak di Indonesia (Simanjuntak dan Olymphina, 2017). Titik pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia sepanjang 1.900 km zona patahan melintasi Pulau Sumatera dan berada pada zona busur vulkanik aktif. Jalur patahan aktif dengan aktivitas seismik tinggi membelah Pulau Sumatera yang menyebabkan wilayah ini rawan terhadap gempa bumi terutama pada kawasan padat penduduk salah satunya Provinsi Sumatera Barat (Putri dan Sari, 2025).

Provinsi Sumatera Barat termasuk salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki struktur geologi yang rumit. Hal ini disebabkan karena letak provinsi ini berada pada dua tumbukan lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia di bagian selatan dan lempeng Eurasia di bagian utara (Hasan dan Santosa, 2014). Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki segmentasi megathrust yang aktif dan berpotensi menghasilkan gempa besar dan dapat menimbulkan tsunami yaitu segmen Mentawai-Pagai dan Mentawai-Siberut. Pada tahun 1797 dan

1833 terjadi gempa megathrust dengan kekuatan yang cukup besar dan menyebabkan terjadinya tsunami di wilayah Sumatera Barat dan Bengkulu. Kedua gempa tersebut menyebabkan zona segmentasi Mentawai-Pagai terkunci dan mengumpulkan energi yang besar (zona gap). Zona gap ini akan kembali aktif ketika ada dorongan dari tsunami disekitarnya. Pada tahun 2010 terjadi gempa megathrust pada zona segmentasi Mentawai-Pagai yang telah lama terkunci (gap Mentawai) akibat dari tsunami megathrust yang terjadi pada segmentasi Sumatera pada tahun 2004. Energi yang dikeluarkan gempa megathrust pada tahun 2010 baru sepertiga dari energi yang ada. Jika energi gempa yang dihasilkan lebih besar maka tsunami yang dapat terjadi lebih besar 3 kali lipat (Damayanti dkk., 2020). Kondisi geologi tersebut meningkatkan potensi risiko bencana bagi masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut. Kepadatan penduduk dan pembangunan yang terjadi saat ini sangat meningkat, hal ini menjadi tantangan bagi pemerintah untuk memperhatikan wilayah yang termasuk zona rawan gempa. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah upaya untuk mengurangi bahaya dan dampak dari gempa bumi (Daswita dkk., 2023). Kejadian gempa bumi dapat dianggap sebagai data titik yang memiliki atribut lokasi dan waktu, sehingga dapat membentuk pola titik spasial-temporal (*spatio-temporal point pattern*). Untuk itu, diperlukan sebuah metode analisis yang mampu mengelompokkan kejadian gempa berdasarkan jarak dan waktu yang berdekatan. Salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis pola kejadian gempa bumi sehingga dapat meminimalisir adanya korban jiwa dan rusaknya fasilitas-fasilitas umum yaitu dengan metode analisis *cluster* atau biasanya disebut dengan *clustering* (Manalu, Rahmawati, dan Widiharini, 2021).

Clustering merupakan metode pengelompokan data berdasarkan suatu kriteria tertentu. Metode *clustering* sangat penting dalam analisis data, banyak para ilmuwan menggunakan metode ini untuk membantu mengidentifikasi suatu pola (Chimwayi dan Anuradha, 2018). Dalam konteks *Knowledge Discovery in Database* (KDD), yaitu proses sistematis untuk menemukan pola, hubungan, dan pengetahuan baru dari kumpulan data berukuran besar, *clustering* merupakan metode pembelajaran tanpa

supervisi, karena tidak terdapat pengetahuan awal mengenai struktur data (Birant & Kut, 2007).

Penelitian terdahulu menggunakan metode *clustering* berbasis partisi seperti K-Means dan K-Medoids dalam analisis kejadian gempa. Penelitian yang dilakukan oleh Dwitiyanti, Ayu Kumala, dan Dwi Handayani (2023) menjelaskan bahwa K-Means mengharuskan penentuan jumlah *cluster* di awal dan sensitif terhadap outlier, sehingga kurang sesuai untuk data gempa yang memiliki distribusi tidak merata. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Simamora, Furqon, dan Priyambadha (2017) menyatakan bahwa metode K-Medoids memang lebih tahan terhadap outlier, namun memiliki keterbatasan yaitu tidak mempertimbangkan dimensi temporal dan masih memerlukan jumlah *cluster* yang ditentukan sebelumnya. Metode *clustering* yang dapat digunakan dalam kasus data spasial-temporal adalah metode ST-DBSCAN (*Spatial Temporal Density Based Spatial Clustering of Application with Noise*).

Metode ST-DBSCAN (*Spatial Temporal Density Based Spatial Clustering of Application with Noise*) ialah sebuah algoritma pengelompokan berbasis kepadatan dan merupakan pengembangan dari metode DBSCAN (*Density Based Spatial Clustering of Application with Noise*). Algoritma ST-DBSCAN memerlukan beberapa parameter yaitu ϵ_1 , ϵ_2 , dan MinPts. Parameter ϵ_1 adalah parameter untuk atribut spasial (jarak). Parameter ϵ_2 adalah parameter untuk mengukur atribut non-spasial seperti temporal (waktu). MinPts adalah jumlah minimal tetangga yang memenuhi ϵ_1 dan ϵ_2 . Jarak spasial dan jarak temporal antar titik/objek, dapat dihitung menggunakan jarak *euclidean* untuk menentukan kedekatan secara spasial dan temporal dalam proses pengelompokan ST-DBSCAN (Birant & Kut, 2007).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Taufiq dkk. (2025) menggunakan metode DBSCAN untuk mengelompokkan data titik gempa di Provinsi Sumatera Barat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa DBSCAN mengelompokkan berdasarkan aspek spasial saja. Penelitian lain juga dilakukan oleh Hutapea dkk.

(2025) tentang pengelompokan titik gempa di Pulau Sumatera. Penelitian tersebut mengidentifikasi 145 klaster, dengan 15 *cluster* besar dan salah satu pusat gempa yang ditemukan yaitu di wilayah Sumatera Barat, di laut sekitar Kepulauan Mentawai. Berdasarkan hasil dan saran dari penelitian sebelumnya, penulis melakukan penelitian dengan menambahkan aspek waktu (temporal) dalam proses pengelompokan dan memilih wilayah Sumatera Barat sebagai lokasi penelitian. Dalam penelitian ini penulis menggunakan aspek jarak dan Waktu (spasial-temporal) untuk proses pengelompokan data titik gempa di Provinsi Sumatera Barat dengan lintang dan bujur sebagai aspek spasialnya dan tanggal sebagai aspek temporalnya. Magnitudo minimal 3,5 dapat digunakan karena sesuai dengan konsep *magnitude of completeness* (MC) yang umum digunakan dalam studi kegempaan di Indonesia dan dapat mengurangi bias data dari gempa kecil yang jarang berdampak nyata (Hanafi dkk., 2024).

Berdasarkan hasil uraian tersebut, penulis termotivasi untuk melakukan penelitian dengan menerapkan metode ST-DBSCAN (*Spatio Temporal Density Based Spatial Clustering Application with Noise*) dalam proses pengelompokan daerah rawan gempa pada data titik gempa di Provinsi Sumatera Barat tahun 2010 hingga tahun 2025 dan menentukan kualitas dari *cluster* menggunakan *Silhouette Coefficient*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis pengelompokan dengan metode ST-DBSCAN dari data gempa di Sumatera Barat?
2. Bagaimana hasil identifikasi wilayah di Provinsi Sumatera Barat yang termasuk dalam kategori rawan gempa berdasarkan hasil pengelompokan dengan metode ST-DBSCAN?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih spesifik dan sesuai alur yang diinginkan, maka permasalahan yang akan dibahas akan diberi batasan, sebagai berikut:

1. Wilayah yang diteliti adalah wilayah Provinsi Sumatera barat
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data titik gempa dengan atribut waktu, lintang, bujur, dan magnitudo yang diambil dari website *United States Geological Survey* (USGS) dengan minimal magnitudo sebesar 3,5 dari tanggal 01 Januari 2010 hingga 31 Desember 2025.
3. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Clustering* dengan metode ST-DBSCAN yang keakuratan hasilnya diukur dengan nilai *silhouette Coefficient*.

D. Tujuan Masalah

Berdasarkan uraian dari rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui bagaimana hasil dari proses pengelompokan/*clustering* dari data gempa di Provinsi Sumatera Barat dengan metode ST-DBSCAN
2. Mengetahui daerah mana saja yang tergolong kedalam zona rawan gempa

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Manfaat bagi Akademik: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru pada bidang statistika dan analisis spasial-temporal dengan menerapkan metode ST-DBSCAN pada data kejadian gempa bumi di Provinsi Sumatera Barat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menguatkan kajian tentang penerapan algoritma *clustering* berbasis kepadatan dalam analisis bencana khususnya data yang memiliki dimensi spasial dan temporal. Selain itu, penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan pengelompokan kejadian gempa atau bencana alam lainnya.

2. Manfaat bagi Mahasiswa: Penelitian ini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa dalam memahami penerapan metode spasial-temporal pada permasalahan yang nyata khususnya pada kasus bencana alam.
3. Manfaat bagi Pemerintah: Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah, khususnya instansi yang terkait dengan bencana alam, sebagai informasi tambahan dalam mengidentifikasi wilayah yang tergolong rawan gempa, serta mengurangi risiko banyaknya korban jiwa dan kerusakan bangunan khususnya pada kawasan pemukiman dan pariwisata.

