

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan serta kehidupan masyarakat. Peristiwa ini terjadi akibat pergerakan tiba-tiba pada patahan dalam kerak bumi. Gerakan tersebut melepaskan energi elastis yang tersimpan dalam bentuk gelombang seismik yang merambat melalui lapisan bumi, menyebabkan permukaan tanah bergetar. Fenomena ini tidak hanya mengganggu stabilitas permukaan tanah tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur, melumpuhkan jaringan komunikasi, dan menimbulkan korban jiwa. Jenis bencana ini bersifat merusak, dapat terjadi tanpa peringatan, dan berlangsung dalam waktu singkat. Dalam hitungan detik, gempa bumi mampu menghancurkan bangunan, dan sebagainya dalam sekejap [1]. Guncangan ini sering kali disertai dengan fenomena lanjutan seperti tsunami yang menambah dampak destruktif gempa bumi.

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap gempa bumi karena terletak di kawasan Cincin Api Pasifik, yaitu zona yang dikelilingi aktivitas vulkanik dan seismik yang tinggi. Posisi geografis Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik [2]. Akibat interaksi lempeng tersebut, gempa bumi dengan berbagai skala sering terjadi di sejumlah wilayah Indonesia, menyebabkan dampak yang merugikan. Data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa mulai dari Januari hingga November 2024 Indonesia telah terjadi 1394 data kejadian gempa bumi yang berkekuatan lebih dari 4 magnitudo yang dirasakan maupun tidak dirasakan oleh masyarakat. Selain itu, wilayah-wilayah seperti Sumatra dan Jawa berada di zona subduksi *megathrust*, yang berpotensi menghasilkan gempa besar dengan magnitudo tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mendalam mengenai pola dan karakteristik gempa bumi untuk mendukung upaya mitigasi risiko secara efektif.

Gempa bumi di Indonesia juga dipengaruhi oleh ancaman gempa besar di zona *megathrust*. Zona ini adalah area subduksi di mana dua lempeng tektonik

bertemu, seperti di sepanjang Sumatra (Mentawai), Jawa (Selatan Jawa), hingga Nusa Tenggara. Zona megathrust sendiri terbagi menjadi tiga wilayah utama, yaitu Andaman Megathrust, Sumatra Megathrust, dan Java Megathrust [3]. Gempa yang terjadi di zona ini berpotensi mencapai magnitudo hingga 9, dengan dampak mencakup area yang sangat luas, korban jiwa yang signifikan, dan kerugian ekonomi besar. Isu ini menjadi perhatian masyarakat sejak pertengahan 2024, menekankan pentingnya memetakan kerawanan gempa, sehingga langkah mitigasi dapat dirancang secara tepat.

Dampak gempa bumi di Indonesia tidak hanya melibatkan kerusakan fisik tetapi juga mengancam stabilitas sosial dan ekonomi. Seperti, gempa bumi Mamuju pada Januari 2021 (magnitudo 6,2) menyebabkan 105 korban jiwa dan merusak infrastruktur penting, termasuk Kantor Gubernur Sulawesi Barat. Sementara itu, gempa bumi di Cianjur pada November 2022 (magnitudo 5,6) menjadi salah satu gempa terburuk, dengan korban tewas mencapai 635 orang. Situasi ini menegaskan pentingnya upaya mitigasi risiko bencana yang efektif.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi dampak bencana gempa bumi, seperti membangun infrastruktur tahan gempa, memberikan edukasi mitigasi kepada masyarakat, dan meningkatkan kesadaran akan risiko gempa. Namun, langkah-langkah ini masih perlu diperkuat mengingat tingkat kesiapan masih rendah dan tingginya kerawanan gempa di berbagai wilayah di Indonesia. Minimnya pengetahuan dan pemahaman masyarakat terhadap risiko ini menyebabkan kurangnya kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana [4]. Salah satu pendekatan yang dapat mendukung pengelolaan risiko gempa adalah melalui analisis klusterisasi. Dengan metode ini, setiap wilayah dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat kerawanannya terhadap gempa. Analisis klusterisasi dapat membantu mengidentifikasi daerah kerawanan gempa, termasuk di wilayah dengan ancaman spesifik seperti megathrust. Informasi tersebut memungkinkan pemerintah untuk merancang strategi mitigasi yang lebih spesifik, efektif, dan sesuai dengan kondisi masing-masing daerah. Pendekatan ini juga dapat membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya untuk bencana secara lebih efisien.

Klasterisasi adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik [5]. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola atau struktur dalam data tanpa memerlukan label atau klasifikasi awal. Dalam klasterisasi, data yang memiliki karakteristik serupa akan dikelompokkan ke dalam klaster yang sama, sedangkan data yang berbeda akan ditempatkan pada klaster yang berbeda. Proses ini berguna untuk memahami hubungan di antara data dan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi data. Dengan demikian, klasterisasi memungkinkan analisis yang lebih terarah untuk memahami risiko bencana gempa bumi secara menyeluruh dengan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

Dengan memanfaatkan metode klasterisasi, wilayah-wilayah di Indonesia yang rawan gempa bumi dapat dipetakan dan dikelompokkan berdasarkan tingkat kerawannya. Pendekatan ini memungkinkan pihak terkait untuk memahami pola risiko yang tersebar di berbagai daerah. Pemetaan daerah bencana menjadi langkah penting untuk memberikan gambaran yang jelas dan informasi terkait tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap gempa bumi [6]. Dengan pemetaan yang akurat, strategi mitigasi dapat dirancang secara spesifik sesuai kebutuhan dan karakteristik setiap wilayah. Hal ini tidak hanya meningkatkan efektivitas upaya pengurangan risiko bencana, tetapi juga mendukung alokasi sumber daya yang lebih optimal. Pengelompokan wilayah rawan gempa membantu memastikan bahwa langkah-langkah mitigasi, seperti pembangunan infrastruktur tahan gempa dan program pelatihan masyarakat, dapat diterapkan secara terfokus dan sesuai prioritas.

Beragam algoritma klasterisasi telah diterapkan dalam gempa bumi, termasuk K-Means, DBSCAN, Self-Organizing Maps (SOM), dan algoritma lainnya. Gempa bumi diklasterisasi di suatu wilayah Regional VII (Jawa Tengah, Yogyakarta, dan Jawa Timur) pada periode tahun 2017 hingga 2021 menggunakan DBSCAN. Hasil klaster divisualkan dalam bentuk peta dan menunjukkan bahwa DBSCAN menghasilkan 2 hingga 6 klaster dengan nilai *Silhouette Coefficient* tertinggi sebesar 0,499, yang selanjutnya dibandingkan dengan peta seismisitas dari katalog Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN) [7]. Gempa bumi juga dapat diklasterisasi dengan menggunakan algoritma K-Means dan DBSCAN. Hasil klaster dibuat dalam bentuk peta dan menunjukkan bahwa algoritma k-means

dinilai lebih unggul karena memiliki *cluster error* yang lebih rendah, di mana K-Means menghasilkan 8 klaster dengan *Silhouette Coefficient* 0,70, sedangkan DBSCAN menghasilkan 14 klaster dengan nilai 0,73 [8]. Selain itu, gempa bumi juga dapat dikelompokkan dengan menggunakan algoritma Self-Organizing Maps (SOM) Kohonen yang diterapkan untuk mengelompokkan data gempa bumi di Pesisir Selatan Jawa dan Lampung. menghasilkan tiga klaster berdasarkan kedalaman dan magnitude, dengan dominasi gempa dangkal sebanyak 98,8% [9].

Meskipun klasterisasi daerah kerawanan gempa bumi telah banyak dilakukan dengan berbagai algoritma, penggunaan algoritma Invasive Weed Optimization (IWO) dalam konteks menentukan daerah kerawanan gempa bumi masih sangat terbatas, dan hanya ada satu yang menerapkannya dalam klasterisasi kerawanan gempa bumi pada wilayah tertentu di Indonesia [10]. IWO pertama kali dikembangkan oleh Mehrabian dan Lucas pada tahun 2006. Algoritma ini terinspirasi oleh kemampuan adaptasi gulma untuk mencari lingkungan yang lebih baik dan bertahan di berbagai kondisi [11]. Sebagai algoritma klasterisasi, IWO memiliki keunggulan dalam mengelompokkan data dengan karakteristik serupa secara efisien, terutama untuk dataset besar. Selain itu, algoritma ini fleksibel dalam berbagai fungsi objektif, mampu menangani data kompleks, dan efisien dalam menemukan solusi optimal dalam waktu yang relatif singkat.

Hal ini dibuktikan dengan tentang algoritma optimasi IWO untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan hasil yang signifikan. Salah satu penerapannya adalah dalam pengurangan tingkat *sidelobe* pada *antenna array*, di mana IWO digunakan untuk mengoptimalkan yang menghasilkan pengurangan tingkat *sidelobe* secara efektif. Penelitian ini menunjukkan bahwa IWO memberikan performa lebih baik dibandingkan algoritma lainnya dalam hal akurasi, tingkat konvergensi, dan stabilitas hasil [12]. Selain itu, IWO yang dimodifikasi dengan teori *chaos* digunakan untuk merancang parameter optimal pada *PID controller*. Metode ini menggunakan pemetaan *chaos* untuk meningkatkan keragaman populasi dan akurasi solusi, menghasilkan konvergensi lebih cepat dan hasil yang lebih akurat dibandingkan algoritma IWO standar [13]. Pendekatan *hybrid* IWO-KMeans (IWOKM) juga telah dikembangkan untuk meningkatkan performa algoritma K-Means dalam klasterisasi data perbankan.

Model ini berhasil mengurangi nilai *Sum Squared Errors* (SSE) hingga 69%, menunjukkan peningkatan signifikan dalam stabilitas dan keseragaman kluster [14].

Selain menggunakan algoritma Invasive Weed Optimization (IWO), skripsi ini juga akan melakukan perbandingan dengan algoritma K-Means dan DBSCAN, sebagaimana yang telah dilakukan pada klusterisasi data gempa bumi di Provinsi Papua. Nilai rata-rata *Sum of Squared Errors* (SSE) yang dihasilkan oleh IWO adalah 19.218, sedangkan K-Means menghasilkan 19.307 dan DBSCAN memiliki nilai yang lebih tinggi, yaitu 59.910. Selain itu, IWO juga memiliki *F-Measure* yang tinggi, yaitu 0.5137. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat mengevaluasi performa ketiga algoritma tersebut untuk memastikan hasil klusterisasi yang paling optimal dan akurat dalam mendukung mitigasi risiko bencana gempa bumi [10].

Dalam klusterisasi daerah kerawanan gempa bumi, algoritma Invasive Weed Optimization (IWO) berperan dalam menentukan posisi *centroid* secara optimal. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan jarak antara data dan kluster terdekat, sehingga pengelompokan data menjadi lebih akurat. Skripsi ini memanfaatkan algoritma IWO untuk mengelompokkan data gempa bumi di Indonesia berdasarkan magnitudo, dan kedalaman. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil klusterisasi menjadi lebih efisien dan akurat serta memberikan wawasan lebih mendalam mengenai pola kerawanan gempa bumi di wilayah Indonesia. Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, skripsi ini bertujuan untuk mengembangkan model *data mining* dengan aplikasi berbasis website yang menerapkan algoritma Invasive Weed Optimization (IWO) untuk klusterisasi gempa bumi di Indonesia. Hasil skripsi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam mitigasi risiko bencana gempa bumi di Indonesia.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan pada latar belakang, berikut identifikasi rumusan masalah yang diangkat dalam skripsi ini, yaitu :

1. Bagaimana menerapkan metode *clustering* algoritma Invasive Weed Optimization untuk menentukan kluster gempa bumi di Indonesia?

2. Bagaimana memvisualisasikan *clustering* kerawanan gempa bumi di Indonesia berdasarkan hasil dari algoritma Invasive Weed Optimization?

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian perumusan masalah, agar fokus pada permasalahan yang telah dirumuskan dan tidak menimbulkan kerancuan dalam menginterpretasikan hasil skripsi yang didapatkan terdapat batasan-batasan masalah, diantaranya:

1. Data didapatkan dari website resmi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) lembaga pemerintah di Indonesia yang bertanggung jawab untuk melakukan pengamatan dan penyuluhan mengenai fenomena meteorologi, klimatologi, dan geofisika, yang dapat diakses melalui <https://repogempa.bmkg.go.id/eventcatalog>.
2. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi di Indonesia mulai dari Januari 2014 sampai dengan November 2024, dengan total sebanyak 84.733 kejadian.
3. Metode yang digunakan untuk *clustering* yaitu algoritma invasive weed optimization.
4. Hasil hanya mencakup data klaster kerawanan gempa bumi dan tidak mencakup strategi mitigasi risiko.
5. Proses pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman Python.
6. Hasil visualisasi akan ditampilkan ke dalam sebuah aplikasi berbasis website dengan kerangka kerja Flask.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada skripsi ini yaitu

1. Menerapkan metode *clustering* algoritma Invasive Weed Optimization untuk menentukan klaster gempa bumi di Indonesia.
2. Memvisualisasikan *clustering* kerawanan gempa bumi di Indonesia berdasarkan hasil dari algoritma Invasive Weed Optimization.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya skripsi ini, hasil dari skripsi dapat memberikan manfaat secara teoritis, sebagai berikut :

1. Aplikasi ini berfungsi sebagai sarana untuk peneliti dalam menambah ilmu pengetahuan dengan menerapkan metode *clustering* algoritma IWO.
2. Aplikasi bermanfaat untuk membantu pihak terkait, seperti pemerintah atau lembaga mitigasi bencana dalam memahami pola dan karakteristik kerawanan gempa bumi di Indonesia.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dibutuhkan dalam penulisan skripsi agar laporan skripsi yang dilakukan tidak menyimpang dan juga menjadi salah satu ajuan dalam mencapai tujuan penulisan skripsi seperti yang diharapkan. Berikut ini merupakan langkah dalam proses penyusunan skripsi:

#### **BAB I            PENDAHULUAN**

Bab ini berisi gambaran umum terkait isi skripsi yang akan dilakukan. Bab pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan yang digunakan.

#### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan berisi pengertian umum maupun khusus sebagai teori-teori dan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan seperti gempa bumi, *data mining*, *clustering*, *invasive weed optimization*, evaluasi model, dan flask. Tinjauan pustaka ini memberikan landasan teoritis yang kuat untuk penelitian yang akan dilakukan.

#### **BAB III          METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi langkah tahapan dalam skripsi yang dilakukan dengan membahas tentang identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, pengumpulan data, *preprocessing data*, pembuatan model, evaluasi, dan *deployment*.

#### **BAB IV          HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, termasuk pengumpulan data, pembuatan model yang telah dibuat, evaluasi model, dan *deployment*. Pembahasan akan mencakup analisis hasil serta interpretasi dari penelitian ini.

## **BAB V        PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian lebih lanjut. Kesimpulan akan merangkum temuan utama penelitian, sementara saran akan memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut di bidang ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Bagian ini berisi tentang kumpulan literatur yang digunakan sebagai pedoman skripsi ini.