

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah peristiwa getaran di permukaan bumi yang timbul akibat pelepasan energi mendadak dari dalam bumi, menghasilkan gelombang seismik. Gempa ini umumnya disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi. Frekuensi gempa di suatu wilayah mencakup berbagai jenis dan ukuran gempa yang terjadi selama periode tertentu. Jenis gempa melibatkan penyebab khusus, seperti gempa vulkanik dan gempa tektonik [1].

Gempa vulkanik merupakan salah satu tanda yang menunjukkan proses naiknya magma menuju puncak gunung berapi [2]. Di Indonesia sendiri berpotensi terjadi gempa vulkanik karena Indonesia memiliki banyak gunung berapi aktif, didukung oleh posisi geografisnya di antara lempeng Asia dan Australia. Menurut Kepala Pusat Vulkanologi dan Bencana Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, dari 127 gunung berapi aktif, hanya 69 yang dapat dipantau, dan pemantauan masih jauh dari ideal, baik dari segi peralatan maupun sumber daya manusia [3]. Untuk meningkatkan pemantauan, penggunaan teknologi seperti *deep learning* sangat diperlukan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)* yang merupakan algoritma *deep learning* untuk analisis data citra dan sinyal, karena mampu mengenali pola kompleks dalam data yang berguna untuk klasifikasi gempa vulkanik [4]. Klasifikasi ini dibuat berdasarkan data rekaman seismik dari bulan Juni sampai Agustus 2023 yang mencakup parameter durasi dan amplitudo, data ini diunduh dari Balai Penyelidikan

dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) serta Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dengan objek Gunung Merapi yang terletak di tengah Pulau Jawa [5].

Gempa tektonik merupakan pergerakan atau getaran di permukaan bumi akibat pelepasan energi mendadak dari dalam bumi, sering dipicu oleh pergerakan lempeng atau pergeseran lapisan kulit bumi [6]. BMKG, lembaga pemantau gempa di Indonesia, menyatakan bahwa waktu terjadinya gempa tektonik tidak dapat diprediksi [7]. Gempa tektonik memiliki beberapa parameter seperti, kedalaman pusat, dan kekuatan magnitudo. Selama 2020-2023, Indonesia mengalami 5213 kejadian gempa, sehingga menciptakan keprihatinan karena ketidakmampuan memperkirakan waktu gempa [8][9]. Data gempa tektonik yang digunakan dalam aplikasi ini diambil dari *website EarthScope Consortium* dengan kurun waktu tahun 2020 hingga tahun 2023 bulan Juli [8]. Metode CNN juga diterapkan untuk klasifikasi gempa tektonik, sementara *Long Short-Term Memory (LSTM)* digunakan untuk prediksi gempa berdasarkan data ini. LSTM adalah jenis jaringan saraf tiruan yang efektif dalam memproses dan memprediksi data berurutan, membuatnya sangat cocok untuk analisis pola gempa seismik dari waktu ke waktu [10].

Salah satu cara untuk mengurangi risiko gempa dan meningkatkan efisiensi pemantauan, dikembangkanlah aplikasi pemantau gempa berbasis *website* yang memanfaatkan *deep learning*. Aplikasi ini tidak hanya mengklasifikasikan dan memprediksi gempa vulkanik dan tektonik menggunakan CNN, tetapi juga memiliki fitur *chatbot* yang dapat memberikan informasi terkait gempa kepada

masyarakat. Terdapat juga fitur pencarian posko evakuasi menggunakan *dataset* .csv posko gempa di Tegal dengan memanfaatkan *leaflet.js* untuk memberikan informasi lokasi. *Leaflet.js* adalah pustaka *JavaScript* yang digunakan untuk membuat peta interaktif, memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan data lokasi secara intuitif [11]. Selain itu, aplikasi ini juga menyajikan artikel-artikel gempa yang memberikan edukasi dan informasi terkini kepada pengguna.

Aplikasi ini dikembangkan dengan tujuan untuk menerapkan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasikan gempa dan mengembangkan *chatbot* dalam konteks pemantauan serta penyelamatan dari gempa berbasis web. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan pemantauan serta penyelamatan gempa vulkanik maupun tektonik secara *online* dengan memberikan informasi penting kepada masyarakat, serta mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh potensi gempa.

1.2 Batasan Masalah

Pengembangan aplikasi ini, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan:

1. Penelitian ini dibatasi oleh keterbatasan data akibat kendala perizinan terkait pengumpulan data vulkanik di Gunung Merapi, yang memiliki akses terbatas.
2. Fitur pencarian posko dalam aplikasi ini masih bergantung pada *library* yang tidak berbayar, yang dapat membatasi pengembangan dan fungsionalitas tambahan yang lebih kompleks.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dikembangkannya aplikasi pemantau gempa dengan fitur *chatbot savior* berbasis *website* ini adalah:

1. Memberikan pemantauan gempa yang efisien dan akurat dengan memanfaatkan teknologi *deep learning*.
2. Meningkatkan akurasi klasifikasi gempa vulkanik dan tektonik menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan prediksi gempa menggunakan LSTM.
3. Mengembangkan platform web interaktif dengan fitur pencarian posko untuk membantu pengguna menemukan posko gempa terdekat secara cepat dan fitur *chatbot* serta artikel untuk membrikan informasi tambahan seputar gempa.

1.3.2 Manfaat

Manfaat dikembangkannya aplikasi pemantau gempa dengan fitur *chatbot savior* berbasis *website* dibagi menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Bagi Masyarakat Umum:

Aplikasi ini membantu masyarakat mendapatkan informasi terkini dan akurat tentang gempa, meningkatkan kesadaran serta kesiapan dalam menghadapi potensi bencana. Fitur *chatbot* memudahkan pengguna dalam mencari informasi dan lokasi posko evakuasi terdekat secara cepat dan tepat.

2. Bagi Pemerintah Terkait:

Aplikasi ini menjadi alat bantu penting bagi pemerintah dalam memantau aktivitas gempa dan menyebarkan informasi penting secara cepat dan efisien.

Hal ini memungkinkan respon tanggap darurat yang lebih baik, sehingga dapat meminimalisir risiko dan dampak bencana.

3. Bagi Peneliti:

Aplikasi ini menyediakan data dan analisis yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang seismologi. Penerapan teknologi seperti CNN dan LSTM juga membuka peluang untuk pengembangan model prediksi dan klasifikasi yang lebih akurat, yang dapat digunakan dalam studi gempa di masa depan.

1.4 Tinjauan Pustaka

Falcin dan lainnya menerapkan teknik *machine learning* dalam penelitiannya untuk mengklasifikasikan gempa vulkanik. Dalam pendekatan ini, menggunakan metode *random forest* yang menghasilkan tingkat akurasi sebesar 72%. Selanjutnya, melalui inspeksi visual terhadap bentuk gelombang dan karakteristik spektral data, mereka menambahkan dua kelas baru, yaitu *Hybrid* dan *Tornillo*. Setelah itu, data tersebut kembali di-training menggunakan metode *random forest*, yang mengakibatkan peningkatan akurasi menjadi 82%. Penelitian ini memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang penggunaan *machine learning* dalam klasifikasi gempa vulkanik dan upaya perbaikan melalui analisis visual serta peningkatan metode pengolahan data [12].

Jaramillo dan lainnya menggunakan pendekatan *deep learning* dalam penelitian mereka untuk mengklasifikasikan gempa vulkanik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN), dengan variasi antara *Dense Convolutional Neural Network*

(DCNN) dan *Recurrent Convolutional Neural Network* (RCNN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keduanya, DCNN dan RCNN, memberikan tingkat akurasi tertinggi, mencapai 98%. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam menggambarkan keunggulan *deep learning*, terutama melalui penggunaan CNN, dalam konteks klasifikasi gempa vulkanik [13].

Penelitian sebelumnya juga dilakukan dengan diajukan suatu metode *data mining* yang menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dengan optimalisasi nilai parameter *windowing* pada modelnya, yang diterapkan untuk memprediksi magnitudo kekuatan gempa. Pemilihan model SVM didasarkan pada keunggulannya dalam pengolahan data *time series*. Eksperimen dilakukan dengan melakukan penyesuaian parameter, seperti tipe kernel, tipe *sampling*, dan jumlah *windowing*, untuk mengoptimalkan tingkat akurasi model yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik, dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) terkecil, adalah sebesar 0,712 [14].

Penelitian terkait prediksi gempa pernah dilakkan dengan tujuan untuk menemukan arsitektur jaringan yang optimal untuk memprediksi frekuensi gempa bumi per bulan di Provinsi Jawa Timur. Data kemudian dianalisis dengan membagi data menjadi frekuensi kejadian per bulan. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai *error* menggunakan metode SSE pada berbagai arsitektur *artificial neural network*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi input memiliki pengaruh yang lebih besar daripada variasi jumlah neuron tersembunyi. Model terbaik, dengan arsitektur 9-30-1, berhasil memprediksi dengan nilai error 0.1958 [15].

Penelitian terkait *chatbot* pernah dilakukan dengan membuat *chatbot* CEPAT yang dapat diakses melalui media *chatbot* yang disediakan, lalu dengan hanya memberikan *share location* pada media tersebut secara otomatis CEPAT akan memproses informasi tersebut menjadi kordinat yang berguna dengan NLP. Lalu kordinat ini akan disematkan dengan *keyword* khusus yang sudah disematkan. Lalu LBS akan memproses inputan tersebut sehingga bisa memberikan informasi lokasi posko evakuasi yang paling dekat dengan lokasi pengguna [16]. Untuk melihat tabel penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Penelitian Terdahulu

No.	Tahun	Teknologi	Kelebihan	Kekurangan	Pembeda
1.	2020	<i>Machine Learning (Random Forest)</i>	Terdapat analisis visual serta peningkatan metode pengolahan data	Hanya sampai pada model, tidak ke tahap implementasi aplikasi	Menggunakan <i>machine learning</i> dan tidak diintegrasikan ke dalam platform manapun
2.	2020	<i>Deep Learning (CNN)</i>	Menggambarkan keunggulan <i>deep learning</i> , terutama melalui penggunaan	Tidak diimplementasikan dalam platform manapun baik	Membandingkan dua metode dan hasil

No.	Tahun	Teknologi	Kelebihan	Kekurangan	Pembeda
			CNN, dalam konteks klasifikasi gempa vulkanik	<i>mobile</i> maupun <i>website</i>	terbaiknya adalah CNN
3.	2022	<i>Machine Learning</i> (SVM)	Model SVM terbaik dengan RMSE terkecil 0.712	Akurasinya masih rendah	Menggunakan <i>Machine Learning</i> dan tingkat akurasinya masih rendah
4.	2023	<i>Artificial Neural Network</i>	Menemukan arsitektur jaringan optimal untuk prediksi frekuensi gempa di Provinsi Jawa Timur	<i>Error</i> prediksi rendah (0.1958)	Parameter yang digunakan untuk memprediksi frekuensi
5.	2020	<i>Natural Language Processing</i> (NLP)	<i>Chatbot</i> dapat memproses <i>input share location</i> untuk menunjukkan	Kurang responsif terhadap pertanyaan bencana cepat	Platform yang digunakan menggunakan telegram

No.	Tahun	Teknologi	Kelebihan	Kekurangan	Pembeda
			lokasi Bazanas Kota Palu, Posko Sulteng Bergerak , dan Kantor BPBD Kota Palu		

Berdasarkan tinjauan pustaka yang dilakukan, aplikasi yang dikembangkan bertujuan untuk memanfaatkan teknologi *deep learning*, terutama *Convolutional Neural Network* (CNN), dalam mengklasifikasikan dan memprediksi gempa vulkanik serta tektonik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan CNN dan metode *machine learning* lainnya telah berhasil meningkatkan akurasi dalam klasifikasi gempa vulkanik hingga mencapai 98% dengan CNN, serta memprediksi kekuatan gempa dengan nilai RMSE yang rendah menggunakan SVM. Selain itu, pengembangan *chatbot* dengan integrasi *Location Based Service* (LBS) memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi lokasi posko evakuasi terdekat secara cepat dan tepat. Hal ini mencerminkan upaya aplikasi untuk meningkatkan efisiensi pemantauan gempa dan respons terhadap bencana dengan memanfaatkan teknologi informasi secara optimal.

1.5 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa *dataset* yang diambil dari berbagai sumber resmi dan relevan untuk mendukung klasifikasi dan prediksi gempa bumi. Data tersebut dikategorikan menjadi dua jenis utama, yaitu data gempa vulkanik

dan data gempa tektonik. Selain itu, data tambahan untuk fitur pencarian posko juga disertakan.

1.5.1 Data Gempa Vulkanik

Data ini diambil dari Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) serta Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dengan periode pengambilan dari bulan Juni hingga Agustus 2023 yang berjumlah 16997. Parameter utama yang dikumpulkan mencakup durasi, amplitudo, dan jenis gempa, dengan objek penelitian adalah Gunung Merapi. Beberapa contoh data gempa vulkanik dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2. Data Gempa Vulkanik

Durasi	Amplitude	Tipe
66.12	3	<i>ROCKFALL</i>
55.72	3	<i>ROCKFALL</i>
139.8	11	<i>ROCKFALL</i>
100	18	<i>ROCKFALL</i>
6.36	3	MP
4.96	3	MP
53.28	4	<i>ROCKFALL</i>
21.84	4	<i>ROCKFALL</i>
49.24	21	<i>ROCKFALL</i>
47.64	23	<i>ROCKFALL</i>

1.5.2 Data Gempa Tektonik

Data ini bersumber dari *website EarthScope Consortium* dengan periode pengambilan data dari tahun 2020 hingga Juli 2023 dengan jumlah 5231. Parameter utama yang dikumpulkan mencakup tanggal, kedalaman pusat dan kekuatan magnitudo. Berikut disajikan data penelitian gempa tektonik, dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3. Data Gempa Tektonik

Tanggal	Kedalaman	Magnitude	Kelas
2023-07-07	40.059	4.2	dangkal
2023-07-07	20.125	4.9	dangkal
2023-07-06	124.939	5.3	menengah
2023-07-06	10	4.6	dangkal
2023-07-05	10	5.1	dangkal
2023-07-04	144.008	4.1	menengah
2023-07-03	10	4.5	dangkal
2023-07-03	10	4.7	dangkal
2023-07-03	12.993	5.4	dangkal
2023-07-02	18.578	4.2	dangkal

1.5.3 Data untuk Pencarian Posko

Dataset ini berasal dari dataset .csv posko gempa di Tegal, mencakup informasi lokasi posko evakuasi. Berikut contoh datanya dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4. Data untuk Pencarian Posko

Nama Lokasi	Alamat	Latitude	Longitude
Mako Pusdalops Pb Bpbd Kota Tegal	Jl. Cempaka, Kejambon, Kec. Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52124	-6.8758833	109.139491 4
Badan Penanggulangan Bencana Daerah	Jl. KS. Tubun No.52, Slerok, Kec. Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa Tengah 52124	-6.8842929	109.130744 9
Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Tegal	244R+PF9, Slawi Kulon, Kec. Slawi, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52419	-6.9930469	109.141083 1

1.5.4 Data Pendukung

Data pendukung yang digunakan mencakup berbagai artikel gempa yang memberikan edukasi dan informasi terkini kepada pengguna aplikasi, sekaligus menampilkan hasil penelitian dan analisis data yang diperoleh dari situs resmi BMKG. Contohnya meliputi ulasan mengenai Guncangan Tanah akibat Gempabumi Garut pada 27 April 2024 dengan kekuatan M6.2, penelitian tentang Gempa M3,2 yang mengguncang Tuban dengan pusat di darat, serta analisis cepat BMKG dalam mengungkap kejadian Gempabumi di Sumedang [17].

1.5.5 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendukung proses pengumpulan data, pemodelan, dan pengembangan aplikasi. Berikut adalah tabel yang mencakup alat penelitian yang digunakan, disajikan pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Alat Penelitian

Jenis Alat	Nama Alat	Fungsi Utama
Perangkat Keras	Komputer dengan Spesifikasi: a. RAM: 4GB b. <i>Storage</i> : 256GB c. Prosesor: AMD Athlon/Intel Core i3	Untuk pengembangan, pemrosesan data, dan pelatihan model <i>deep learning</i> .
Perangkat Lunak	Python	Bahasa pemrograman utama untuk pengembangan dan pemodelan <i>deep learning</i> .
	TensorFlow/Keras	<i>Framework deep learning</i> untuk membangun dan melatih model CNN dan LSTM.
	Jupyter Notebook	Alat untuk eksperimen dan visualisasi data interaktif.

Jenis Alat	Nama Alat	Fungsi Utama
	Flask	<i>Framework</i> web untuk pengembangan aplikasi berbasis <i>website</i> .
	Leaflet.js	Pustaka <i>JavaScript</i> untuk membuat peta interaktif dalam aplikasi.
	Pandas	<i>Library</i> Python untuk manipulasi dan analisis data.
	NumPy	<i>Library</i> Python untuk komputasi numerik.
	Scikit-learn	<i>Library</i> machine learning untuk pemodelan dan evaluasi.
	SQL/NoSQL <i>Databases</i>	Untuk penyimpanan data aplikasi dan <i>dataset</i> .