

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, serta sistematika penulisan yang akan digunakan dalam dokumen skripsi ini.

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi merupakan fenomena pelepasan energi secara mendadak dari lempeng tektonik atau patahan sehingga menyebabkan getaran merusak yang dapat mengakibatkan kerusakan besar pada infrastruktur dan kehilangan nyawa (Bahri & Mungkin, 2019; Beltramone & Gomes, 2021). Indonesia terutama Pulau Jawa dan sekitarnya merupakan bagian dari busur sunda yang memiliki tingkat seismitas yang relatif tinggi dan memiliki sistem geologis yang kompleks akibat dari adanya lempeng Indo-Australia. Menurut catatan BMKG, lebih dari 10.843 kejadian gempa pada tahun 2022 menunjukkan tingginya aktivitas seismik di wilayah tersebut. Kondisi ini menegaskan pentingnya sistem peringatan dini gempa sebagai alat mitigasi bencana vital untuk menyelamatkan nyawa dan meminimalisir kerusakan.

Dalam mengatasi masalah tersebut, BMKG menggunakan perangkat lunak bernama *SeisComp* yang dikembangkan melalui Program GEOFON di *Helmholtz Center Potsdam* oleh *GFZ German Research Center for Geosciences*, dan gempa GmbH. Sistem ini beroperasi 24 jam per hari untuk membantu mendeteksi P wave dan menentukan lokasi serta *magnitude* gempa. BMKG saat ini masih menggunakan teknologi *SeisComp* yang beroperasi dengan cara manual yaitu memanfaatkan algoritma *The NonLinLoc (NLL)* yang terintegrasi sebagai *plugin* (Lomax, 2016; *Seiscomp 3 Jakarta version*, 2016). Implementasi *NonLinLoc* ini melibatkan penggunaan data dari berbagai stasiun (*multi-station*). Meskipun efektif dalam beberapa kasus, pendekatan ini menghadapi kendala terkait dengan luasnya jarak antar stasiun di Indonesia, yang menyebabkan keterlambatan dalam pemberian peringatan dini gempa. Hal ini mengakibatkan peringatan dini baru diberikan setelah gelombang S-wave tiba, saat gempa telah terjadi.

Menanggapi kebutuhan akan sistem yang lebih responsif, penelitian selanjutnya oleh Lomax dkk. (2019) menjelajahi penggunaan ConvNetQuake_INGV, suatu model Convolutional Neural Network yang dirancang untuk prediksi gempa bumi lokal dan klasifikasi episentral menggunakan *single station*. Pendekatan dengan model ini dapat beroperasi langsung pada gelombang seismogram tiga komponen berdurasi 50 detik dengan sedikit pra-pemrosesan sehingga menunjukkan kemampuan untuk melakukan klasifikasi dengan cepat. Selain itu, penelitian Lomax dkk. juga menghasilkan akurasi prediksi gempa ditunjukkan dengan hasil akurasi mencapai 87%, yang merupakan langkah maju signifikan dari sistem berbasis *multi station*. Hal ini diperkuat oleh penelitian Perol (2018), yang juga menemukan bahwa pendekatan tradisional dalam memprediksi gempa bumi sering kali tidak berhasil mengidentifikasi peristiwa yang tersembunyi di dalam tingkat kebisingan seismik yang terbatas. Kemudian, Perol (2018) melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan CNN menggunakan data *single station* menghasilkan hasil klasifikasi gempa yang berhasil memprediksi jumlah gempa lebih dari 17 kali lipat dibandingkan katalog sebelumnya sehingga lebih cepat dan akurat dalam memprediksi.

Dalam konteks ini, belum ada penelitian di Indonesia yang memfokuskan pada penggunaan teknik *single station* untuk prediksi gempa yang diterapkan pada sistem peringatan dini. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil langkah pionir dengan mengusulkan pendekatan berbasis *single station* melalui model Convolutional Neural Network. Berlandaskan pada efektivitas yang terbukti dari model CNN dan mengatasi keterbatasan sistem *multi-station*, penelitian ini mengadopsi sebuah variasi dengan menggunakan *1D Convolutional Neural Network* (1D CNN). Variasi ini dipilih karena kemampuan 1D CNN yang spesifik dalam mengolah data *time series* berbentuk 1D yang mirip dengan format data pada model ConvNetQuake pada gelombang seismik sehingga memungkinkan sebuah eksplorasi lebih lanjut untuk menghadapi tantangan seismologi di Indonesia, khususnya dalam penerapan pada sistem peringatan dini gempa. Penelitian ini menggunakan model regresi 1D CNN untuk meregresikan hiposenter gempa. Penggunaan regresi ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk (2022) bahwa pendekatan regresi memungkinkan penentuan parameter gempa dengan lebih akurat dan umum, termasuk kemampuan untuk

menghasilkan nilai-nilai yang tepat untuk lokasi gempa. Regresi juga menawarkan keunggulan dalam penanganan *noise* yang lebih kuat dan kemampuan generalisasi yang lebih baik pada data baru yang tidak tercakup dalam data pelatihan. Dengan demikian, inovasi pada penelitian ini dapat melengkapi pendekatan klasifikasi pada penelitian yang dilakukan oleh Lomax (2019) dan Perol (2018) yang hanya dapat menentukan kelompok atau kelas tanpa nilai yang spesifik dan terbatas pada data pelatihan. Hal ini menjadi upaya signifikan dalam mengatasi kekurangan klasifikasi dan sistem *multi-station*.

Penelitian ini mengambil langkah lebih lanjut dengan menggunakan dataset BMKG dari tahun 2009 hingga 2017 berjumlah 7454 dengan 1053 kejadian gempa yang ada di Pulau Jawa dan sekitarnya. Dataset ini telah diproses sebelumnya oleh Wibowo dkk. (2022) menjadi bentuk *array numpy* dengan durasi 30 detik dan frekuensi gelombang 20 Hz. Kemudian, dilakukan penerapan *butterworth bandpass filtering* pada gelombang gempa untuk mengurangi *noise* pada *signal* dan normalisasi data berdasarkan amplitudo puncaknya (Hussin dkk., 2016). Penelitian ini berfokus pada identifikasi metode *preprocessing* data yang optimal dan pengembangan model *1D Convolutional Neural Network* (1D CNN) berbasis *single station* untuk memprediksi *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa di wilayah Pulau Jawa dan sekitarnya. Melalui penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI), sistem peringatan dini dapat dilakukan kepada masyarakat sehingga berkontribusi pada upaya mitigasi risiko bencana di kawasan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah bagaimana menentukan data *preprocessing* yang tepat dan pengembangan model regresi *1D Convolutional Neural Networks* berbasis *single station* menggunakan dataset dari 30 stasiun seismik yang merekam kejadian gempa di Pulau Jawa dan sekitarnya dalam meregresi *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa bumi.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini memiliki tujuan untuk memperoleh *data preprocessing* yang tepat serta pengembangan dari model regresi *1D Convolutional Neural Networks* berbasis *single station* dalam meregresi *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa bumi menggunakan data yang berasal dari 30 stasiun seismik yang merekam kejadian gempa di Pulau Jawa dan sekitarnya.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat diperoleh metode data *preprocessing* dan model *single station* terbaik yang dapat dipakai pada sistem peringatan dini gempa.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup mempunyai tujuan memberikan batasan dari skripsi ini agar tidak menyimpang dan sesuai dengan target yang diinginkan. Ruang lingkup dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dataset merupakan data seismik gempa di Indonesia yang berasal dari hasil perekaman 30 stasiun gempa tahun 2009 sampai 2017 yang didapat dari BMKG.
2. Melakukan penentuan *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa berdasarkan data gelombang seismik menggunakan model regresi *1D Convolutional Neural Networks*.
3. Menentukan parameter terbaik dengan menggunakan pilihan pembagian data berdasarkan urutan tahun atau *Clustering* lokasi gempa
4. Menentukan *windowing*, normalisasi *waveform*, dan pengaruh penggunaan *batch normalization* pada tiap layer model *1D Convolutional Neural Networks*
5. Pembagian data masing-masing menjadi 80% data latih, 10% data validasi, dan 10% data uji untuk setiap *cluster*
6. Keluaran model meliputi *latitude*, *longitude*, *depth*, dan *magnitude* dari gempa bumi.
7. Tahap pra-pemrosesan data, tahap pelatihan, dan pengujian model regresi *1D Convolutional Neural Networks* dilakukan di platform web *Google Colaboratory*.
8. Penilaian model dilakukan dengan melihat hasil nilai *R Square* dan *Mean Absolute Error* dari model Regresi *1D Convolutional Neural Networks*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan menjadi gambaran yang urut dan jelas mengenai laporan skripsi yang dibuat sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan pada skripsi yang berjudul *Pengembangan Model 1D Convolutional Neural Networks untuk Prediksi Lokasi, Kedalaman dan Magnitudo Gempa pada Sistem Peringatan Dini Gempa..*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dengan topik atau masalah yang dibahas pada skripsi ini. Pada bab ini terdiri dari beberapa subbab diantaranya mengenai *literature review*, gempa bumi dan potensinya di Indonesia, gelombang seismik, sistem peringatan dini gempa, *preprocessing* data, *convolutional neural network*, regresi, model *1D Convolutional Neural Networks*, *loss function*, *evaluation metrics*, *backpropagation*, *adam optimizer*, *tools* dan *library*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan informasi mengenai metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian yang menentukan pemilihan parameter terbaik model regresi *1D Convolutional Neural Networks* untuk penentuan *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa. Proses yang dilakukan dalam penyelesaian masalah ini diantaranya adalah garis besar penyelesaian masalah, pengumpulan data, *preprocessing* data, pembagian data, pembangunan model dengan memanfaatkan *library Keras*, pelatihan model, pengujian model, dan pemilihan parameter terbaik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan informasi tentang lingkungan dan perangkat yang digunakan untuk penelitian, menyajikan analisis hasil eksperimen dalam pemilihan data

preprocessing serta parameter terbaik model regresi *1D Convolutional Neural Networks* untuk penentuan *longitude*, *latitude*, *depth* dan *magnitude* gempa.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari bab-bab yang telah dibahas dan berisi saran sebagai bahan masukan untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.