

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan, ruang lingkup, dan sistematika penulisan pada skripsi yang berjudul Implementasi Arsitektur *EQTransformer* dalam Pengambilan Waktu Kedatangan Gelombang-P dan Gelombang-S Otomatis.

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang terletak di Cincin Api Pasifik, wilayah geologis yang dikenal dengan aktivitas seismiknya yang tinggi. Aktivitas tersebut berkaitan dengan bertemunya empat lempeng utama bumi, yaitu Indo-Australia, Laut Filipina, Pasifik, dan Eurasia di Indonesia (Hall, 2019). Tahun 2020, BMKG telah mencatat 8.264 kejadian gempa bumi terjadi di Indonesia. Dari catatan tersebut, sebesar 244 kejadian gempa bumi memiliki kekuatan hingga di atas 5 SR. Sebagai hasilnya, kejadian gempa bumi yang sering terjadi ini dapat membawa ancaman baru berupa bencana tsunami. Salah satu peristiwa tsunami terbaru di Indonesia terjadi pada 28 September 2018 di Palu. Gempa berkekuatan 7,4 magnitudo mengguncang lepas pantai Sulawesi Tengah hingga menciptakan tsunami yang melanda sejumlah daerah. Bencana tersebut menyebabkan kerugian besar dengan kerusakan infrastruktur yang signifikan serta hilangnya 2.113 korban jiwa berdasarkan catatan BMKG.

Tingginya ancaman ini mendorong pengembangan *Tsunami Early Warning System* (TEWS) dengan mengadopsi kemampuan pembelajaran mendalam (*deep learning*) untuk memodelkan data. TEWS dirancang untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat tentang ancaman tsunami yang akan datang. Sistem ini memanfaatkan data seismik yang diperoleh dari sensor di wilayah yang rentan terhadap gempa di bawah laut. Dari data tersebut, fase dari gelombang seismik dapat dideteksi dengan menggunakan pembelajaran mendalam. Deteksi fase gelombang gempa sendiri bermanfaat untuk memperkirakan lokasi episenter, magnitudo, dan intensitas guncangan yang terjadi serta kemungkinan gelombang laut akibat gempa tersebut sampai ke daratan (Wächter dkk., 2012).

Dalam beberapa tahun terakhir, BMKG telah menggunakan metode *Short-Term Average/Long-Term Average* (STA/LTA) pada TEWS untuk mendeteksi fase gelombang gempa. Metode ini mengukur rasio antara nilai rata-rata jangka pendek dan panjang

sinyal seismik untuk mengidentifikasi perubahan tajam yang menunjukkan adanya aktivitas gempa, yang kemudian divalidasi secara mendalam oleh seismolog (Fu dkk., 2020). Namun, seiring dengan bertambahnya jumlah sensor seismik, semakin sulit untuk melakukan pemilihan fase seismik secara komprehensif.

Di awal abad ke-21, penggunaan pembelajaran mendalam (*deep learning*) mulai meningkat dalam pengolahan data seismik. Zhu & Beroza, (2018) mengembangkan arsitektur *PhaseNet* yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk mendeteksi waktu kedatangan dari fase gempa. Selain itu, terdapat juga penelitian terbaru yang dilakukan oleh Mousavi dkk., (2020). Mereka mengembangkan arsitektur *EQTransformer* yang menggabungkan jaringan syaraf tiruan dengan mekanisme perhatian hierarki untuk mendeteksi sinyal gempa secara simultan dan memilih fase P (rambatan gempa) dan S (gempa destruktif) pada data stasiun tunggal, dengan fokus pada jarak episenter lokal (<300 km). Dari model yang dikembangkan oleh Mousavi dkk. ini dilakukan percobaan untuk melakukan deteksi pada data seismik di Indonesia.

Data seismik di Indonesia dikumpulkan dan dikelola oleh BMKG dengan menggunakan *The Standard for the Exchange of Earthquake* (SEED) sebagai format untuk menyimpan gelombang seismik. SEED adalah format data yang ditujukan untuk pengarsipan dan pertukaran deret waktu data seismik. Di dalamnya terdapat berbagai informasi mengenai kejadian gempa mulai dari gelombang hingga metadata dari gempa (Dattatrayam dkk., 2014). Dari tahun 2009 hingga 2017, BMKG telah mengumpulkan sebanyak 1.892 set data gempa bumi dan 26 set data lainnya di bulan Januari 2019 di . Data gempa yang terkumpul memiliki magnitudo sebesar 3 sampai 6,5 M dengan kedalaman 1,16 km hingga 588,42 km.

Data yang dimiliki oleh BMKG pada rentang waktu yang telah disebutkan memiliki beberapa permasalahan, mulai dari kegagalan perekaman pada salah satu dari tiga saluran seismik hingga perbedaan kualitas alat sensor seismik yang dimiliki sehingga membuat frekuensi dari gelombang seismik berbeda-beda antar stasiun gempa. Selain itu, perbedaan kebutuhan data untuk melakukan deteksi dengan *EQTransformer* juga menjadi masalah tersendiri. Oleh karena itu perlu dilakukan beberapa penyesuaian untuk dapat mengimplementasikan arsitektur *EQTransformer* pada data yang telah dimiliki.

Upaya penyesuaian dilakukan dengan mengubah *output layers* dari model yang dikembangkan oleh Mousavi dkk. Metadata yang diperoleh hanya memiliki informasi mengenai gelombang seismik fase P (rambatan) dan S (destruktif). Di lain sisi, arsitektur

EQTransformer memiliki *output layers* sebanyak 3 yang berupa *detection*, *P-wave*, dan *S-wave*. Selain itu, untuk menghindari *overfitting* dapat diatasi dengan melakukan beberapa metode *pre-processing* data (Ross dkk., 2018). Proses *labelling* data seismik juga menjadi faktor yang krusial akibat perbandingan yang tidak sesuai antara poin fase tertentu dengan keseluruhan poin data gelombang seismik. Penggunaan model *pre-trained* menjadi penting untuk dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh hasil deteksi yang lebih baik. Pentingnya menggunakan model *pre-trained* karena model ini telah melalui proses pelatihan menggunakan data *benchmark* yang sangat besar untuk memecahkan masalah serupa mengenai deteksi fase gempa. Pada skripsi ini akan menggunakan arsitektur *EQTransformer* untuk melakukan pengambilan waktu kedatangan fase gempa dengan mengatur *ouput layers* model untuk meningkatkan hasil deteksi fase gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dapat dirumuskan suatu masalah mengenai bagaimana proses implementasi arsitektur *EQTransformer* untuk pengambilan waktu kedatangan fase gelombang seismik di Indonesia.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Skripsi ini memiliki tujuan untuk memperoleh hasil dari implementasi *EQTransformer* dalam mendeteksi fase gempa di Indonesia sebagai bagian dari pengembangan TEWS. Dengan harapan membawa manfaat dalam usaha untuk meminimalisasi dampak dari ancaman bencana tsunami akibat gempa di Indonesia.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup bertujuan untuk memberikan batasan dari skripsi ini agar tidak menyimpang dan sesuai dengan target yang diinginkan. Ruang lingkup dalam skripsi ini berupa:

1. Melakukan klasifikasi pada fase gelombang gempa menggunakan *EQTransformer* dengan perubahan *layer* tertentu.
2. *Pre-processing* data menggunakan metode normalisasi dan *labelling* pada *P* dan *S Arrival*.
3. Data yang digunakan berasal dari katalog gempa bumi BMKG di Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan pembagian data menjadi 5.600 data latih, 700 data validasi, dan 700 data uji.
4. Model *EQTransformer* dibangun dengan menggunakan *keras*.

5. Pelatihan dan pengujian model dilakukan di lingkungan *Jupyter Notebook* pada platform web *Google Colaboratory*.
6. Evaluasi kemampuan model *EQTransformer* menggunakan pengukuran *Mean Absolute Error* dan *F1-Score*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan memberikan gambaran laporan skripsi ini secara urut dan jelas. Berikut adalah sistematika penulisan skripsi ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan, ruang lingkup, dan sistematika penulisan pada skripsi yang berjudul implementasi arsitektur *EQTransformer* dalam pengambilan waktu kedatangan gelombang-P dan gelombang-S otomatis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang dibahas pada skripsi ini. Bab ini memiliki beberapa subbab mengenai gempa bumi, TEWS, *state-of-the-art*, format data *Mseed*, pemrosesan data, *deep learning*, *EQTransformer*, *tools* dan *library*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan informasi mengenai metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian yang berupa implementasi model *EQTransformer* dalam pengambilan waktu kedatangan gelombang-P dan gelombang-S otomatis. Proses yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut antara lain adalah garis besar penyelesaian masalah, pengumpulan data, persiapan data, *modelling*, dan evaluasi.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan informasi mengenai lingkungan dan perangkat yang digunakan dalam proses penelitian serta menyajikan analisis hasil penelitian implementasi dari model *EQTransformer* dalam pengambilan waktu kedatangan gelombang-P dan gelombang-S otomatis.

BAB V PENUTUP

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