

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah Cincin Api Pasifik, sebuah daerah yang dikenal dengan aktivitas seismik tinggi. Indonesia berada pada titik pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yakni Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Akibatnya, daerah ini memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi. Sebagai hasilnya, Indonesia sering mengalami gempa bumi dengan intensitas bervariasi (Tupan et al., 2020). Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang terjadi ketika pelepasan energi secara tiba-tiba pada kerak bumi sehingga menimbulkan gelombang seismik dan guncangan atau getaran pada permukaan bumi.

Berdasarkan sumbernya, gempa bumi diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: gempa lokal, gempa regional, dan gempa teleseismik. Gempa lokal bermanfaat untuk memberikan data informasi struktur geologi lokal serta kecepatan struktur dari kerak bumi dan *upper mantle*. Sementara itu, gempa regional mampu menyediakan data untuk kerak dan mantel bumi. Adapun gempa dengan sumber teleseismik merupakan gempa yang sangat bermanfaat untuk studi sumber gempa. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya

kejadian yang terjadi dalam jarak dekat yang dapat mengaburkan informasi sumber, karena gempa ini berasal dari kedalaman yang sangat dalam dari stasiun seismograf dan terjadi pada jarak yang sangat jauh dari episenter, umumnya lebih dari 1000 km dari episenter (Lay & Wallace, 1995). Gempa telesismik juga memiliki kekuatan yang besar sehingga memiliki durasi yang lebih panjang dan frekuensi rendah yang memiliki kemampuan untuk merambat lebih luas. Hal ini menyebabkan banyak stasiun yang dapat merekam kejadian dari gempa tersebut.

Bencana alam yang terjadi sebenarnya sudah dituliskan oleh Allah SWT di dalam Al-Qur'an salah satunya bencana gempa bumi, seperti tersirat dalam Surat Al-Fajr ayat 21. Pada surat tersebut dijelaskan bahwa bumi akan mengalami guncangan. Secara ilmiah hal tersebut disebabkan oleh lempeng yang bertabrakan atau tubrukan, sehingga menghasilkan getaran yang dikenal sebagai gempa tektonik. Semua peristiwa alam di bumi ini tidak terjadi secara kebetulan, melainkan sesuai dengan kehendak Allah SWT.

**كَلَّا إِذَا دُكَّتِ الْأَرْضُ دَكًّا دَكًّا (21)**

Artinya: “Jangan (berbuat demikian) apabila bumi digoncangkan berturut-turut”.

Dampak yang diakibatkan oleh gempa bumi cukup besar. Dampak-dampak tersebut ialah kerusakan pada bangunan, kerusakan infrastruktur, retakan permukaan tanah,

longsor yang terjadi akibat adanya guncangan, dan gempa di dasar laut yang menyebabkan tsunami, gelombang besar yang dapat menghancurkan pesisir dan menyebabkan kerusakan luas di daerah pesisir. Oleh karena itu, mitigasi risiko bencana gempa, peringatan dini, dan persiapan komunitas sangat penting untuk mengurangi dampak negatif dari gempa bumi.

Salah satu metode untuk mengetahui sumber gempa yaitu dengan menggunakan metode *single station*. Stasiun seismik merekam gempa bumi dalam tiga komponen (N, E, dan Z), yang mencatat pergerakan tanah di tiga arah yang berbeda. Sumber gempa dapat diketahui dengan menganalisis 3 komponen tersebut, sedangkan untuk melihat arah orientasi sensor seismograf dapat diukur hanya dengan menggunakan 2 komponen arah horizontalnya yaitu N dan E. Sensor seismik akan menangkap gelombang seismik yang terjadi kemudian data seismik tersebut disimpan dalam rekaman seismogram. Semakin banyak stasiun yang digunakan, semakin akurat penentuan lokasi episenter. Beberapa metode matematika yang kompleks dapat digunakan untuk meningkatkan ketepatan lokasi episenter.

Pada jaringan seismograf global, data dari banyak stasiun digunakan untuk menentukan lokasi episenter gempa teleseismik. Orientasi sensor seismik adalah salah satu parameter paling penting untuk mengetahui sumber gempa bumi. Namun, parameter ini mudah mengalami kesalahan.

Oleh karena itu, sangat penting untuk memeriksa dan mengoreksi kesalahan orientasi sensor sebelum digunakan data bentuk gelombang dua komponen horizontal.

Misorientasi sensor pada satu atau beberapa stasiun bisa mengakibatkan kesalahan dalam perhitungan lintasan gelombang seismik dan ketidakpastian dalam menentukan lokasi episenter. Misorientasi sensor seismograf dapat terjadi selama pemasangan karena berbagai alasan seperti kompas magnet yang dipengaruhi oleh variasi spesifik lokasi, atau deviasi magnet yang disebabkan oleh sumber atau gangguan medan magnet di dekatnya. Misorientasi seismik dalam komponen *azimuth* mengacu pada ketidaksesuaian dalam menentukan arah dari mana gelombang seismik itu datang. *Back azimuth* adalah sudut horizontal yang menunjukkan arah datangnya gelombang seismik dari pusat sumber gempa ke lokasi seismometer atau stasiun seismik. Sudut deviasi dihitung searah jarum jam antara geografis utara. *Particle motion* dapat digunakan untuk memperkirakan misorientasi respon stasiun seismik dengan melihat perambatan gelombang arah *particle motion* dari sumber gempa ke stasiun perekam. Respon arah orientasi sensor seismograf dari tiap stasiun seismik dapat diketahui dengan melihat nilai *particle motion* dan dibandingkan dengan hasil dari *back azimuth* geografisnya (Wang et al., 2016). Deviansi *azimuth* yang besar dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam triangulasi posisi

episenter gempa. Nilai deviasi *azimuth* yang kurang dari  $15^\circ$  dianggap sebagai batas di mana efek negatif misorientasi masih dapat dikelola melalui metode koreksi data dan analisis. Melebihi batas ini membuat koreksi data semakin sulit dan meningkatkan ketidakpastian dalam hasil analisis seismik. Oleh karena itu, nilai  $15^\circ$  dipilih sebagai ambang batas praktis dan teoritis untuk memastikan integritas data seismik dan akurasi analisis.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga yang memiliki jaringan stasiun pencatat gempa bumi yang tersebar luas diseluruh Indonesia. Hingga akhir tahun 2022, BMKG telah mengoperasikan total 438 stasiun pemantauan gempa bumi. Pada tahun yang sama, BMKG melaksanakan kegiatan pengadaan sensor seismograf di 83 lokasi stasiun seismik sebagai bagian dari kegiatan *multiyears* yang selesai pada tahun 2023. Sehingga, jumlah stasiun seismik yang beroperasi di Indonesia mencapai 521 pada tahun tersebut (BMKG, 2022).

Peran utama BMKG salah satunya adalah memberikan informasi dan peringatan dini terkait gempa bumi kepada pihak berwenang, masyarakat, dan pihak-pihak terkait. Sesuai dengan rencana strategis BMKG kedeputian bidang geofisika yang bertujuan untuk meningkatkan layanan informasi geofisika yang berkualitas upaya ini mencakup indikator kinerja sasaran program, yaitu persentase informasi geofisika

yang cepat, tepat, dan akurat (BMKG, 2022). Oleh karena itu, BMKG memiliki tanggung jawab yang sangat penting dalam pemantauan gempa bumi dan tsunami untuk menghasilkan data yang akurat.

Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah yang memiliki risiko bahaya seismik yang tinggi karena letak geologisnya berada pada zona subduksi. Tekanan dan gesekan antara kedua lempeng dapat melepaskan energi dalam bentuk gempa bumi yang dapat sangat merusak. Selain itu, populasi yang padat di wilayah Pulau Jawa meningkatkan potensi dampak yang serius dari gempa bumi. Risiko bencana lainnya di Pulau Jawa berasal dari sesar aktif di daratan seperti salah satunya adalah Sesar Lembang. (Melianita et al., 2021). Gempa-gempa di wilayah ini dapat memiliki magnitudo yang bervariasi, dan dampaknya juga bervariasi tergantung pada kedalaman dan lokasi episenter. Salah satu peristiwa yang terjadi di Pulau Jawa yaitu gempa Cianjur pada 21 November 2022 dengan gempa Mw 5.6. Pada awal kejadian gempa tersebut, sesar belum teridentifikasi dengan baik, salah satunya karena arah orientasi. Sebelumnya, gempa Cianjur diduga disebabkan aktivitas Sesar Cimandiri karena pusat gempa berada di dekat sesar tersebut. Namun, setelah analisis *focal mechanism*, posisi episenter, gempa utama dan gempa susulan, serta survei lapangan oleh BMKG, termasuk analisis pola sebaran dan karakteristik *surface rupture*, sebaran titik longsor,

kelurusan morfologi, dan pola sebaran kerusakan bangunan, disimpulkan bahwa gempa Cianjur disebabkan oleh sesar baru, yaitu Sesar Cugenang.

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan dalam studi kasus ini, dilakukan penelitian terkait misorientasi sensor seismograf di Pulau Jawa dengan menganalisis hasil pengukuran menggunakan *particle motion* dan *back azimuth*. Kejadian gempa teleseismik dipilih untuk penelitian ini, karena gempa yang berasal dari sumber teleseismik dapat direkam oleh seluruh stasiun yang akan ditinjau di Pulau Jawa. Analisis misorientasi sensor seismograf dengan menggunakan *particle motion* adalah langkah penting dalam memastikan data seismik yang akurat dan pemahaman yang mendalam tentang aktivitas seismik. Analisis data yang tepat akan meningkatkan keakuratan lokasi episenter, pemahaman tentang sumber gempa, dan peringatan dini gempa.

## **B. Batasan Masalah**

Fokus yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Kejadian gempa berasal dari sumber gempa teleseismik, dengan data parameter gempa bumi diperoleh dari *United State Geological Service* (USGS). Sementara itu, data *waveform* stasiun seismik bersumber dari jaringan stasiun BMKG.
2. Gempa yang digunakan berkekuatan lebih dari 6 SR pada tahun 2023.

3. Pengolahan data menggunakan *software Seisgram2K*, dan *Spyder*.
4. Lokasi stasiun seismik yang ditinjau hanya berada di wilayah Pulau Jawa.
5. Sensor seismograf yang memiliki orientasi lebih besar  $15^\circ$  dari utara sebenarnya mengalami misorientasi.

### C. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada informasi yang telah disampaikan sebelumnya, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana arah orientasi sensor seismograf BMKG di Pulau Jawa dengan menggunakan metode *particle motion* yang berasal dari sumber gempa teleseismik?
2. Dimanakah wilayah stasiun seismik yang mengalami misorientasi di Pulau Jawa?

### D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengecek arah orientasi sensor seismograf BMKG di Pulau Jawa dengan menggunakan metode *particle motion* yang berasal dari sumber gempa teleseismik.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis stasiun seismik yang mengalami misorientasi di Pulau Jawa.

## **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

### **1. Manfaat Teoretis**

Manfaat teoretis pada penelitian ini yaitu:

- a. Memperoleh informasi hasil pengukuran misorientasi dengan *particle motion*.
- b. Mendapat gambaran stasiun seismik yang mengalami misorientasi di Pulau Jawa.

### **2. Manfaat Praktis**

Manfaat praktis dari hasil penelitian ini yaitu dapat digunakan sebagai salah satu gambaran dan masukan bagi pihak BMKG untuk melakukan perbaikan terhadap sensor-sensor seismograf yang mengalami misorientasi.