

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki struktur tektonik yang sangat kompleks karena merupakan titik pertemuan antara empat lempeng utama yang bergerak secara aktif: Lempeng Indo-Australia di selatan, Lempeng Eurasia (Blok Sundaland) di utara, Lempeng Pasifik di timur laut, serta Lempeng Laut Filipina yang juga terlibat dalam pergerakan di wilayah timur (Hutchings *et al*, 2021). Lempeng Eurasia membentuk bagian tenggara Indonesia. Zona subduksi di sekitar lempeng ini dikenal sebagai Palung Sunda. Lempeng India dan Australia bergerak ke timur laut dengan kecepatan sekitar 50–60 mm per tahun relatif terhadap Lempeng Eurasia, yang menyebabkan konvergensi miring di Palung Sunda. Gerakan miring ini terbagi menjadi sesar dorong, yang terjadi di batas lempeng dan menghasilkan slip tegak lurus terhadap palung, serta sesar geser yang terjadi beberapa ratus kilometer di sebelah timur palung dan slipnya bergerak sejajar dengan palung. Kondisi ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu wilayah dengan aktivitas seismik dan vulkanik tertinggi di dunia (Febriani *et al*, 2014). Akibatnya, Indonesia sering mengalami gempa bumi yang signifikan dan destruktif, yang berdampak besar pada kehidupan dan infrastruktur masyarakat.

Salah satu wilayah di Indonesia yang termasuk dalam area rawan gempa bumi adalah bagian barat Pulau Jawa, mencakup Provinsi Jawa Barat dan Banten. Jawa Barat merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap gempa bumi karena terletak di pertemuan dua lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Zona subduksi Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia di sepanjang Palung Sunda merupakan sumber utama tingginya frekuensi gempa bumi di wilayah Jawa

Barat bagian. Energi regangan yang terakumulasi dari interaksi lempeng ini kemudian diakomodasi oleh sistem sesar-sesar aktif di daratan Jawa Barat. Sistem sesar darat ini mencakup Sesar Cimandiri, Sesar Lembang, Sesar Baribis, dan Sesar Cileunyi-Tanjungsari), menjadikannya ancaman seismik signifikan di beberapa wilayah padat penduduk, termasuk Kabupaten Sumedang (Irsyam *et al.* 2020).

Kabupaten Sumedang, yang terletak di pusat Jawa Barat, memiliki catatan gempa yang signifikan dan dipengaruhi oleh interaksi antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia, serta keberadaan sesar aktif seperti Sesar Lembang dan Sesar Cimandiri (Marliyani *et al.* 2016; Rahardjo *et al.* 2015). Meskipun Kabupaten Sumedang terletak di tengah-tengah Jawa Barat dan tidak berada langsung di atas zona subduksi, wilayah ini tetap berpotensi mengalami gempa bumi akibat keberadaan sesar aktif yang melintasi wilayah tersebut. Selain itu, menurut Hilman (2017), aktivitas tektonik di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat juga dipengaruhi oleh Sesar Cimandiri, Sesar Cileunyi-Tanjungsari dan Sesar Baribis, yang dapat memicu gempa di masa mendatang.

Berdasarkan historis aktivitas gempa bumi, telah terjadi beberapa gempa bumi di wilayah sekitar Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Salah satu contohnya pada 25 Oktober 2020, terjadi gempa bumi berkekuatan M5,4. Gempa ini termasuk dalam kategori gempa kerak dangkal dengan kedalaman 43 km, yang dipicu oleh aktivitas sesar aktif Cileunyi-Tanjungsari. Sesar Cileunyi-Tanjungsari adalah sebuah sesar aktif dengan pergerakan horizontal, yang membentang dari selatan Desa Tanjungsari ke arah timur laut hingga lembah Sungai Cipeles, dengan laju geser sesar tersebut diperkirakan berkisar antara 0,19 hingga 0,48 mm per tahun (ESDM, 2024). Sumber mekanisme gempa merupakan kombinasi pergerakan mendatar dan naik (*oblique thrust fault*) yang dikenal sebagai sesar dorong miring, dengan orientasi Utara-Selatan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa gempa tersebut mencapai

intensitas V-VI pada skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*), yang menunjukkan guncangan cukup kuat dan berpotensi merusak bangunan yang tidak tahan gempa (BMKG, 2024a).

Akibat adanya potensi gempa bumi di Jawa Barat, termasuk di Kabupaten Sumedang, mitigasi bencana menjadi hal yang sangat penting. Pemantauan aktivitas seismik secara berkelanjutan juga perlu dilakukan untuk mengurangi risiko kerugian baik dari segi material maupun korban jiwa. Salah satu pendekatan mitigasi adalah prediksi jangka pendek gempa, di mana parameter fisik seperti anomali geomagnetik dapat digunakan untuk mendeteksi tanda awal gempa, yang diperoleh melalui investigasi terhadap prakiraan *Ultra Low Frequency* (ULF) terkait gempa bumi, dapat menjadi indikator perubahan tektonik sebelum terjadinya gempa besar di wilayah aktif secara seismik (Dewi *et al.*, 2024).

Metode geomagnetik adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi prekursor gempa bumi. Metode ini didasarkan pada perubahan medan magnet bumi yang terjadi akibat aktivitas tektonik di bawah permukaan bumi. Perubahan ini dapat terdeteksi oleh instrumen geomagnetik dan dianalisis untuk mengidentifikasi anomali yang berpotensi sebagai prekursor gempa bumi (Molchanov, 1995). Penelitian tentang anomali geomagnetik telah menjadi topik yang penting dalam usaha memahami dan memprediksi gempa bumi. Fenomena anomali geomagnetik dihubungkan dengan perubahan pada medan magnet bumi yang sering kali mendahului saat terjadinya gempa bumi. Pada penelitian prekursor gempa bumi, penggunaan data geomagnetik dengan rentang frekuensi ULF (0,01 - 0,1 Hz) dinilai efektif dalam memantau aktivitas medan magnet bumi hingga kedalaman tertentu sebagai indikator awal sebelum terjadinya gempa bumi, yang diidentifikasi sebagai anomali. Hal ini disebabkan karena gelombang elektromagnetik dengan frekuensi ULF memiliki panjang gelombang yang besar dan nilai *skin*

depth yang tinggi, karena nilai *skin depth* berbanding terbalik dengan akar kuadrat frekuensi, sehingga mampu menembus lapisan bumi dengan redaman kecil (Ardiansyah *et al.*, 2024). Oleh karena itu, komponen medan magnetik ULF dapat diamati di permukaan sebagai indikasi aktivitas bawah permukaan sebelum gempa bumi.. Selain itu, frekuensi dalam rentang ULF juga mampu menghindari gangguan dari variasi geomagnetik eksternal yang disebabkan oleh pelepasan petir dan radiasi pemanasan ionosfer, sehingga analisis prekursor gempa bumi tidak terganggu (Yusof *et al.*, 2021).

Akibat adanya gempa bumi besar yang terjadi di Jawa Barat khususnya di Kabupaten Sumedang dalam rentang tahun 2020 hingga 2021 peneliti memanfaatkan data geomagnetik yang diperoleh dari stasiun geomagnetik Tanjungsari (TJS) Kabupaten Sumedang, Jawa Barat untuk dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai hubungan antara anomali geomagnetik dengan gempa bumi yang terjadi di wilayah ini sebagai prekursor gempa bumi. Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai analisis aktivitas anomali geomagnetik dalam rentang frekuensi ULF sebelum gempa bumi terjadi di wilayah ini dengan menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) berbasis metode *Fast Fourier Transform* (FFT) (Nisa, 2024) namun, pada penelitian kali ini peneliti akan menganalisis menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) berbasis metode *wavelet transform*. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan *wavelet transform* ini peneliti menerapkan *morlet wavelet* sebagai *mother wavelet* untuk mengubah data dari domain waktu menjadi data dalam domain frekuensi, karena memiliki kemiripan dengan transformasi fourier (Morlet *et al.*, 1982). Selanjutnya, untuk analisis lebih lanjut digunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) untuk menganalisis anomali geomagnetik sebelum terjadi gempa bumi. Metode PRA ini membandingkan medan geomagnetik vertikal dengan medan geomagnetik horizontal (Hayakawa dan Hattori, 2004). Untuk memastikan

bahwa prekursor yang terdeteksi tidak berhubungan dengan aktivitas geomagnetik global, peneliti memplotkan indeks gangguan badai magnetik *Disturbance Storm Time* (DST) yang diamati bersamaan dengan hasil PRA (Saroso *et al.* 2009; Chen *et al.* 2020; dan Dewi *et al.* 2024).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah mengkaji keberadaan anomali geomagnetik dengan menggunakan metode *wavelet transform* di beberapa wilayah. Febriani *et al.* (2014) mendapatkan bahwa anomali geomagnetik muncul sekitar satu minggu sebelum terjadinya gempa bumi. Sementara itu, Febriani *et al.* (2021) menemukan bahwa anomali geomagnetik terdeteksi sekitar dua minggu sebelum gempa bumi terjadi, dan Dewi *et al.* (2024) mendapatkan kemunculan anomali sekitar 1,5 hingga 13 minggu sebelum kejadian gempa bumi. Berdasarkan hasil-hasil tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis anomali geomagnetik sebagai prekursor gempa bumi di wilayah Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) berbasis *wavelet transform*. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya mitigasi dari dampak negatif gempa bumi yang terjadi di wilayah Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, serta dalam pengembangan model prediksi gempa bumi yang berbasis anomali geomagnetik. Penelitian ini juga sejalan dengan upaya Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dalam meningkatkan pemahaman tentang perilaku seismik serta pengembangan sistem peringatan dini untuk bencana gempa bumi di Indonesia.

B. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup berikut agar fokus kajian menjadi lebih terarah dan efisien:

1. Lokasi penelitian mencakup wilayah dengan radius ≤ 150 km dari stasiun geomagnetik Tanjungsari (TJS) yang terletak di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat pada koordinat *latitude* $-6^{\circ}54'$ dan *longitude* $107^{\circ}50'$.
2. Data penelitian yang diambil terdiri dari data geomagnetik dan data sekunder gempa bumi pada rentang waktu yang digunakan Januari 2020 sampai Desember 2021 dengan kriteria gempa $M \geq 5$ dan kedalaman 70 km (gempa dangkal).
3. Penelitian menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) yang berbasis *wavelet transform*.
4. Anomali geomagnetik ULF yang dianggap sebagai prekursor gempa bumi dalam penelitian adalah anomali geomagnetik ULF yang teridentifikasi sebelum gempa bumi terjadi.

C. Rumusan Masalah

Berlandaskan atas informasi yang sudah dijabarkan di atas, perumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik anomali geomagnetik sebagai prekursor gempa bumi di stasiun geomagnetik Tanjungsari (TJS) Kabupaten Sumedang, Jawa Barat menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) yang berbasis *wavelet transform* pada gempa bumi yang terjadi dalam rentang waktu Januari 2020 hingga Desember 2021?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana karakteristik anomali geomagnetik sebagai prekursor gempa bumi di stasiun geomagnetik Tanjungsari (TJS) Kabupaten Sumedang, Jawa Barat menggunakan metode *Polarization Ratio Analysis* (PRA) yang berbasis *wavelet transform* pada

gempa bumi yang terjadi dalam rentang waktu Januari 2020 hingga Desember 2021.

E. Manfaat Penelitian.

1. Manfaat Teoretis

Manfaat teoretis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberi informasi mengenai pemahaman hubungan antara anomali geomagnetik dan gempa bumi kepada khalayak umum
- b. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai fenomena geomagnetik dan dapat digunakan untuk mendeteksi potensi gempa bumi di masa depan.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan data dan informasi yang berguna bagi pemerintah daerah dan masyarakat setempat dalam mengambil langkah-langkah antisipasi dan penyusunan rencana tanggap darurat yang dapat mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi di masa depan.
- b. Hasil penelitian ini bisa digunakan untuk mengembangkan sistem peringatan dini gempa bumi yang lebih akurat, yang bermanfaat langsung bagi mitigasi bencana dan keselamatan masyarakat di daerah rawan gempa.