

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Area Pegunungan Ngliman yang terletak di Kabupaten Nganjuk dan sekitarnya merupakan bagian dari Kompleks Vulkanik Wilis yang berkembang sebagai hasil interaksi aktivitas vulkanisme dan tektonik pada busur vulkanik Jawa. Secara regional, pembentukan busur vulkanik tersebut berkaitan dengan proses subduksi Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia yang berlangsung sejak Kala Tersier hingga saat ini (Bemmelen, 1949; Hamilton, 1979). Aktivitas vulkanik yang berlangsung secara berulang menghasilkan berbagai produk gunung api berupa lava, breksi vulkanik, tuf, dan endapan piroklastik yang menyusun morfologi Pegunungan Wilis saat ini (Hartono & Baharuddin, 1986; Hartono & Baharuddin, 1987). Evolusi vulkanisme yang kompleks menyebabkan wilayah Pegunungan Ngliman memiliki keragaman litologi yang tinggi serta kondisi geologi yang relatif kompleks (Smyth et al., 2008).

Area Pegunungan Ngliman memiliki karakteristik geologi yang menarik karena berada pada zona yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme dan deformasi tektonik. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Madiun, wilayah ini dipengaruhi oleh sejumlah struktur geologi yang berkembang akibat aktivitas tektonik regional Jawa Timur (Hartono et al., 1992). Interaksi antara aktivitas vulkanisme dan tektonik berpotensi menghasilkan konfigurasi bawah permukaan yang kompleks berupa sesar, rekahan, maupun perubahan ketebalan lapisan batuan. Selain itu, keberadaan batuan vulkanik yang tersusun oleh lava, breksi vulkanik, tuf, dan material piroklastik menghasilkan variasi densitas batuan antar litologi. Perbedaan densitas antar litologi menghasilkan variasi medan gravitasi yang terekam sebagai anomali gravitasi dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi batas litologi maupun struktur geologi bawah permukaan. Kondisi tersebut menjadikan Pegunungan Ngliman sebagai wilayah yang menarik untuk dikaji menggunakan metode gravitasi guna memperoleh informasi mengenai distribusi densitas batuan dan konfigurasi struktur bawah permukaan yang belum diketahui secara rinci.

Kawasan Pegunungan Ngliman yang merupakan bagian dari Kompleks Gunung Wilis juga memiliki kerentanan terhadap bencana geologi, khususnya tanah longsor. Kurniawan et al. (2018) menyatakan bahwa Kawasan Gunung Wilis merupakan wilayah yang cukup sering mengalami kejadian tanah longsor. Salah satu kejadian longsor tercatat terjadi pada 6 April 2017 di Kecamatan Mojo, Kabupaten Kediri, Jawa Timur. Kerentanan tersebut menunjukkan bahwa kondisi geologi, litologi, dan struktur bawah permukaan berperan penting dalam mengontrol kestabilan lereng serta perkembangan morfologi kawasan. Oleh karena itu, identifikasi struktur geologi bawah permukaan di Area Pegunungan Ngliman menjadi penting untuk memahami distribusi densitas batuan dan keberadaan struktur geologi yang memengaruhi kondisi geologi daerah penelitian.

Kompleksitas geologi Pegunungan Ngliman tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme, tetapi juga oleh deformasi tektonik yang menghasilkan berbagai struktur geologi berupa sesar dan rekahan. Struktur geologi tersebut berperan dalam mengontrol persebaran litologi, perkembangan morfologi, serta evolusi geologi wilayah secara keseluruhan. Aktivitas tektonik regional turut berkontribusi terhadap pembentukan struktur geologi yang berkembang pada Kompleks Vulkanik Wilis (Hartono et al., 1992). Sebagian struktur geologi tidak seluruhnya tersingkap di permukaan karena tertutupi oleh produk vulkanik yang lebih muda. Kondisi tersebut menyebabkan informasi mengenai konfigurasi geologi bawah permukaan masih terbatas apabila hanya didasarkan pada pengamatan geologi permukaan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan berdasarkan sifat fisik batuan.

Salah satu metode geofisika yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan adalah metode gravitasi. Metode gravitasi merupakan metode geofisika pasif yang memanfaatkan variasi medan gravitasi bumi akibat adanya perbedaan densitas batuan di bawah permukaan. Perbedaan densitas tersebut menghasilkan variasi nilai percepatan gravitasi yang direkam sebagai anomali gravitasi dan digunakan untuk menginterpretasikan kondisi geologi bawah permukaan (Telford et al., 1990; Blakely, 1995). Informasi yang diperoleh dari

metode gravitasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan sesar, kontak litologi, cekungan sedimen, intrusi batuan beku, maupun variasi kedalaman batuan dasar (*basement*).

Metode gravitasi dipilih dalam penelitian ini karena mampu memetakan distribusi densitas batuan pada area yang luas tanpa memerlukan sumber energi buatan. Metode ini efektif digunakan pada daerah vulkanik karena batuan penyusun gunungapi umumnya memiliki variasi densitas yang kontras. Kontras densitas tersebut menghasilkan anomali gravitasi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi batas struktur geologi maupun perubahan litologi bawah permukaan (Blakely, 1995; Hinze et al., 2013). Kemampuan tersebut menjadikan metode gravitasi sesuai untuk digunakan dalam mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada kawasan Pegunungan Ngliman yang memiliki kondisi geologi kompleks.

Perkembangan teknologi satelit memberikan kemudahan dalam memperoleh data gravitasi melalui model gravitasi global beresolusi tinggi. Salah satu model gravitasi yang banyak digunakan adalah *Global Gravity Model Plus* (*GGMplus*). Model ini dikembangkan melalui integrasi data gravitasi satelit dan data topografi resolusi tinggi sehingga menghasilkan data gravitasi dengan resolusi spasial sekitar 200 meter (Hirt et al., 2013). Resolusi tersebut memungkinkan identifikasi variasi medan gravitasi secara lebih rinci dibandingkan model gravitasi global konvensional. Penggunaan data *GGMplus* juga memberikan keuntungan berupa cakupan wilayah yang luas, ketersediaan data yang kontinu, serta kemudahan akses data pada daerah yang memiliki keterbatasan pengukuran gravitasi terestrial. Karakteristik tersebut menjadikan data *GGMplus* sesuai digunakan untuk kajian struktur bawah permukaan pada wilayah Pegunungan Ngliman yang memiliki topografi relatif kompleks.

Data gravitasi yang diperoleh di permukaan merupakan gabungan dari pengaruh sumber anomali pada berbagai kedalaman. Pengaruh tersebut terdiri atas anomali regional yang berasal dari sumber dalam dan anomali residual yang berasal dari sumber dangkal. Pemisahan kedua komponen anomali tersebut diperlukan agar target geologi yang menjadi fokus penelitian dapat diamati dengan lebih jelas. Hasil

pemisahan anomali kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses interpretasi struktur bawah permukaan.

Interpretasi data gravitasi dapat ditingkatkan melalui analisis turunan medan potensial. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *First Horizontal Derivative* (FHD). Analisis FHD bertujuan untuk memperjelas perubahan gradien anomali gravitasi secara horizontal sehingga batas kontak litologi maupun batas struktur geologi dapat diidentifikasi dengan lebih jelas. Nilai maksimum FHD umumnya berasosiasi dengan zona yang memiliki kontras densitas tinggi, seperti sesar dan batas litologi (Blakely, 1995; Hinze et al., 2013).

Metode lain yang banyak digunakan dalam interpretasi data gravitasi adalah *Second Vertical Derivative* (SVD). Analisis SVD berfungsi untuk mempertajam anomali gravitasi dangkal dan memperjelas keberadaan struktur geologi yang berada dekat permukaan. Metode ini mampu meningkatkan resolusi anomali gravitasi sehingga batas sesar dan rekahan dapat diamati dengan lebih jelas dibandingkan peta anomali gravitasi biasa (Telford et al., 1990). Kombinasi FHD dan SVD telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan, khususnya dalam delineasi sesar dan batas litologi (Zaenudin et al., 2020).

Selain analisis derivatif, interpretasi kondisi bawah permukaan dapat diperkuat melalui pemodelan inversi gravitasi. Pemodelan inversi merupakan proses untuk memperoleh model distribusi densitas bawah permukaan yang menghasilkan respons gravitasi mendekati data observasi. Hasil inversi memberikan gambaran mengenai geometri dan distribusi densitas batuan bawah permukaan secara lebih kuantitatif sehingga dapat mendukung interpretasi geologi yang lebih komprehensif (Pallero et al., 2015).

Penelitian mengenai identifikasi struktur bawah permukaan menggunakan metode gravitasi telah dilakukan pada berbagai kondisi geologi. Setiadi dan Pratama (2018) menggunakan analisis gravitasi untuk mengidentifikasi pola struktur dan konfigurasi geologi bawah permukaan pada Cekungan Jawa Barat Utara. Sihombing et al. (2018) menerapkan metode gravitasi untuk memodelkan struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi Kepahiang. Rosid et al.

(2020) mengintegrasikan data gravitasi dan seismik untuk mengidentifikasi potensi jebakan hidrokarbon pada sedimen Pra-Tersier di Cekungan Sumatra Utara.

Penelitian lain dilakukan oleh Zaenudin et al. (2020) yang menggunakan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk mengidentifikasi sistem sesar bawah permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut mampu memperjelas batas struktur geologi dan karakteristik sesar. Indriana et al. (2021) memanfaatkan data gravitasi satelit untuk melakukan pemodelan kembali Sesar Kaligarang menggunakan analisis FHD dan SVD. Sarkowi et al. (2021) menggunakan metode gravitasi untuk menganalisis karakteristik reservoir panas bumi berdasarkan distribusi densitas batuan bawah permukaan. Penelitian yang dilakukan oleh Nurhasan et al. (2023) dan Sarkowi et al. (2023) menunjukkan bahwa metode gravitasi efektif digunakan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi anomali gravitasi dan distribusi densitas batuan. Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode gravitasi mampu digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada berbagai kondisi geologi berdasarkan variasi densitas batuan dan pola anomali gravitasi yang dihasilkan.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan data *Global Gravity Model Plus* (GGMplus), analisis *First Horizontal Derivative* (FHD), analisis *Second Vertical Derivative* (SVD), dan pemodelan inversi dua dimensi untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan Area Pegunungan Ngliman Kabupaten Nganjuk dan sekitarnya. Sebagian besar penelitian pada Kompleks Vulkanik Wilis masih berfokus pada aspek vulkanostratigrafi dan geologi regional (Hartono & Baharuddin, 1986; Hartono et al., 1992). Akibatnya, informasi mengenai distribusi densitas batuan, keberadaan sesar bawah permukaan, serta konfigurasi struktur geologi bawah permukaan di kawasan Pegunungan Ngliman masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola anomali gravitasi residual serta mendelineasi posisi dan orientasi struktur geologi bawah permukaan menggunakan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD),

serta merekonstruksi model struktur bawah permukaan dalam bentuk penampang dua dimensi berdasarkan distribusi densitas batuan dan kedalaman *basement* menggunakan perangkat lunak *ZondGM2D*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai distribusi densitas batuan, keberadaan sesar, serta karakteristik struktur bawah permukaan di Area Pegunungan Ngliman dan sekitarnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pola anomali gravitasi residual serta mendelineasi posisi dan orientasi struktur geologi bawah permukaan di Area Pegunungan Ngliman Kabupaten Nganjuk dan sekitarnya menggunakan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD).
2. Merekonstruksi model struktur bawah permukaan dalam bentuk penampang dua dimensi berdasarkan distribusi densitas batuan dan kedalaman *basement* menggunakan perangkat lunak *ZondGM2D*.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan referensi ilmiah mengenai efektivitas integrasi data gravitasi satelit *GGMplus* dengan analisis derivatif dalam mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan pada wilayah dengan kondisi geologi yang kompleks.
2. Menyediakan informasi mengenai struktur bawah permukaan berupa keberadaan sesar, distribusi densitas batuan, dan konfigurasi *basement* yang dapat dimanfaatkan sebagai data pendukung dalam perencanaan pembangunan wilayah serta mitigasi bencana geologi di Kabupaten Nganjuk dan sekitarnya.
3. Menambah informasi mengenai karakteristik geologi dan geofisika bawah permukaan Area Pegunungan Ngliman sebagai bagian dari Kompleks Vulkanik Wilis yang dapat mendukung pengembangan penelitian di bidang geofisika dan ilmu kebumian.