

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah dengan kompleksitas tektonik dan vulkanik tertinggi di dunia karena posisinya yang berada di zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia (Hamilton, 1979; Katili, 1975; Simandjuntak & Barber, 1996). Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah Pulau Jawa dengan kecepatan sekitar 5,8–6,5 cm/tahun (Koulali et al., 2017), membentuk busur vulkanik aktif serta sistem sesar utama di sepanjang zona subduksi tersebut (Palupi et al., 2016). Proses subduksi ini menghasilkan zona seismik aktif (Widiyantoro & van der Hilst, 1996), jalur migrasi magma (Hall, 2002), dan variasi morfologi dasar laut seperti struktur *Roo Rise* (punggungan samudra) yang berperan penting dalam dinamika lempeng samudra (Kopp et al., 2006), tektonik, kondisi ini menempatkan Jawa Tengah dalam zona transisi antara kerak benua dan kerak akresi, yang menyebabkan karakteristik geologi bawah permukaannya sangat heterogen (Hall, 2012; Smyth et al., 2007)

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa deformasi kerak di Jawa Tengah dikendalikan oleh aktivitas *megathrust* subduksi dan beberapa sesar lokal, seperti Sesar Kendeng, Sesar Baribis, dan Sesar Merapi–Merbabu (McCaffrey, 2009; Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Investigasi seismologi melalui proyek MERAMEX (Koulakov et al., 2007; Wang et al., 2024) berhasil memetakan anomali kecepatan seismik di bawah Gunung Merapi. Sementara itu, studi menggunakan metode gravitasi di wilayah Semarang (Indriyani et al., 2023), Demak–Kudus–Pati–Jepara (Pramudya et al., 2025), dan Merapi–Merbabu (Pohan et al., 2023), mengungkap adanya kontras densitas yang berkaitan dengan sistem sesar dan intrusi magmatik. Studi terbaru oleh Herbianto et al. (2025) menggunakan data EMAG2V3 berhasil memodelkan litologi bawah permukaan di wilayah vulkanik Jawa Tengah. Namun, sebagian besar studi tersebut masih bersifat lokal dan belum mampu menggambarkan kerangka tektonik regional secara

komprehensif, sehingga diperlukan penelitian lanjutan menggunakan data *gravity* resolusi tinggi untuk memperoleh pemahaman geologi yang lebih baik.

Metode gravitasi merupakan salah satu pendekatan geofisika yang paling efektif untuk pemetaan bawah permukaan karena kemampuannya mampu mendeteksi variasi densitas batuan (Blakely, 1995; Telford et al., 1990). Dalam beberapa dekade terakhir, pemanfaatan data gravitasi *airborne* berkembang pesat karena dapat mencakup area yang lebih luas dalam waktu yang singkat (Hamzeh & Mehramuz, 2019; Jordan et al., 2009; Sokolov, 2011; Xincun et al., 2014). Survei gravitasi *airborne* telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi sesar, kedalaman *basement*, dan karakteristik litologi di berbagai wilayah dunia, seperti Afrika Utara (Elbarbary et al., 2022), Iran (Ghasemi-Rozveh et al., 2017), Kanada (Peirce et al., 2002), dan Tiongkok (Luo et al., 2022). Di Indonesia, studi berbasis gravitasi *airborne* masih sangat terbatas, sehingga penerapannya di Jawa Tengah memiliki potensi besar untuk memperluas pemahaman mengenai kerangka tektonik dan vulkanik regional.

Selain itu, analisis data gravitasi *airborne* tingkat lanjut memerlukan proses inversi yang baik untuk memperoleh model bawah permukaan yang akurat. Perkembangan perangkat lunak *open-source* seperti SimPEG (Cockett et al., 2015; Heagy et al., 2017), memungkinkan inversi data gravitasi 2D dan 3D dengan fleksibilitas regulisasi (Tikhonov, L1-norm, dan *sparse*) serta integrasi dengan data geologi (Setyawan et al., 2024; Wei & Sun, 2021). SimPEG telah diterapkan dalam berbagai studi geofisika secara global, seperti pemodelan lapangan panas bumi Rangitoto, Auckland (Luthfian et al., 2023) dan prospek panas bumi Gunung Ungaran (Muttaqien & Nurjaman, 2021; Setyawan et al., 2024). Sehingga, penerapan inversi berbasis SimPEG pada data gravitasi *airborne* di Jawa Tengah diharapkan mampu memberikan estimasi yang lebih baik terhadap distribusi densitas, kedalaman *basement*, dan identifikasi struktur geologi dibandingkan pendekatan *forward modeling* konvensional.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menggunakan data gravitasi *airborne* untuk menganalisis struktur geologi regional Jawa Tengah dengan pemodelan inversi numerik berbasis SimPEG. Pendekatan ini digunakan

untuk memperkirakan kedalaman dan distribusi spasial struktur bawah permukaan, termasuk zona intrusi magmatik dan sebaran material vulkanik pada lapisan dekat permukaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi studi geofisika terdahulu yang masih bersifat lokal dengan menyajikan model densitas bawah permukaan yang lebih rinci dan representatif.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran distribusi kontras densitas bawah permukaan Jawa Tengah utara melalui pemodelan inversi 2D menggunakan SimPEG sehingga dapat menjadi dasar dalam memahami struktur geologi regional dan potensi sumber daya bawah permukaan.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan urgensi yang diuraikan dalam latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan bawah permukaan Jawa Tengah bagian utara. Secara lebih spesifik, tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis karakteristik Anomali Bouguer serta memisahkan anomali regional dan residual sebagai dasar interpretasi kondisi geologi bawah permukaan di Jawa Tengah bagian utara.
- 2) Memodelkan distribusi kontras densitas bawah permukaan menggunakan inversi 2D berbasis SimPEG untuk mengidentifikasi batas litologi, struktur geologi, dan kedalaman basement di Jawa Tengah bagian utara.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan, baik dari sisi keilmuan maupun aplikatif. Secara ilmiah, hasil kajian distribusi anomali *Bouguer* dan distribusi densitas bawah permukaan di wilayah Jawa Tengah dapat menambah informasi geofisika terbaru yang relevan untuk mendukung studi geofisika baik dalam skala regional maupun lokal. Selain itu, interpretasi terhadap pola kelurusan yang dihasilkan dari analisis data gravitasi berpotensi mengungkap keberadaan sesar-sesar yang belum terpetakan secara detail, sehingga dapat memperkaya pemahaman mengenai evolusi tektonik di kawasan ini. Dari sisi aplikatif, hasil pemodelan litologi bawah permukaan yang diperoleh melalui data gravitasi dapat dimanfaatkan sebagai data awal dalam kegiatan eksplorasi sumber daya alam, seperti potensi air tanah, mineral, maupun energi panas bumi.