

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi panas bumi terbesar di dunia. Total sumber daya dan cadangan panas bumi nasional diperkirakan mencapai lebih dari 23.000 MW. Namun demikian, tingkat pemanfaatannya hingga saat ini masih relatif rendah dibandingkan dengan potensi yang tersedia (Badan Geologi, 2023; KESDM, 2017). Salah satu lapangan panas bumi produktif di Indonesia adalah Lapangan Panas Bumi Dieng yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Lapangan ini dikenal sebagai sistem panas bumi bertemperatur tinggi bertipe *volcanic-hosted* (Layman et al., 2002). Dieng memiliki potensi besar untuk pengembangan energi bersih dan berkelanjutan. Di sisi lain, lapangan ini juga menyimpan kompleksitas geologi, variasi karakter reservoir, serta potensi bahaya geologi, seperti erupsi freatik dan emisi gas magmatik CO<sub>2</sub> (Allard et al., 1989; Barberi et al., 1989). Kompleksitas tersebut menimbulkan tantangan dalam memahami keterkaitan antara sumber panas magmatik, struktur bawah permukaan, sistem reservoir, dan manifestasi panas bumi di permukaan.

Secara geologi, Kompleks Gunungapi Dieng merupakan bagian dari busur vulkanik Kuartar Jawa. Busur ini terbentuk akibat proses subduksi Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia (Hamilton, 1979; van Bemmelen & Nijhoff, 1970). Kompleks Dieng dicirikan oleh keberadaan kaldera luas, pusat-pusat erupsi muda, *maar*, kubah lava, serta struktur runtuh sektor (*sector collapse*). Fitur-fitur tersebut berkembang secara spasial dan temporal sebagai respons terhadap evolusi magmatik dan tektonik regional (Bogie et al., 2010; Harijoko et al., 2016). Secara geomorfologi, wilayah Dieng menampilkan relief vulkanik yang kompleks dengan kontrol struktural dominan berarah baratlaut–tenggara dan timurlaut–baratdaya. Pola struktur ini berperan penting dalam mengontrol jalur migrasi fluida hidrotermal dan gas magmatik (Hochstein & Sudarman, 2015; Layman et al., 2002). Keberadaan graben dangkal, zona alterasi hidrotermal yang luas, serta manifestasi permukaan berupa fumarol, solfatara, dan mata air panas menunjukkan bahwa

sistem panas bumi Dieng masih aktif. Kondisi tersebut juga mengindikasikan keterkaitan yang erat dengan keberadaan sumber panas magmatik dangkal (Allard et al., 1989; Bogie et al., 2010).

Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengkaji sistem panas bumi Dieng menggunakan pendekatan geologi, geokimia, dan geofisika. Studi geokimia dan gas menunjukkan bahwa fluida panas bumi Dieng sangat dipengaruhi oleh proses degassing magmatik. Kontribusi CO<sub>2</sub> mantel dilaporkan signifikan, terutama yang berkaitan dengan peristiwa erupsi freatik tahun 1979 (Allard et al., 1989). Penelitian magnetotelurik (MT) berhasil mengidentifikasi zona konduktivitas tinggi yang ditafsirkan sebagai *clay cap*, serta zona resistivitas rendah yang berkaitan dengan keberadaan reservoir panas bumi (Layman et al., 2002; Pambudi et al., 2015). Dari sisi geologi dan petrologi, evolusi magmatik Dieng diketahui berlangsung dalam beberapa tahap. Setiap tahap dicirikan oleh keberadaan kantong magma dangkal yang berpotensi menjadi sumber panas sistem panas bumi (Harijoko et al., 2016). Selain itu, studi gravitasi dan magnetik menunjukkan adanya segmentasi reservoir yang dikontrol oleh struktur sesar normal dan sistem graben (Boedihardi et al., 1991; Rosid & Sibarani, 2021).

Metode gravitasi merupakan metode geofisika pasif yang efektif untuk mendeteksi variasi densitas batuan bawah permukaan. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam eksplorasi panas bumi untuk mengidentifikasi intrusi magmatik, zona alterasi, serta struktur geologi yang mengontrol reservoir (Blakely, 1995b; W. Telford et al., 1990). Pemodelan gravitasi, baik dalam bentuk dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D), mampu memberikan gambaran geometri dan kedalaman sumber anomali densitas yang berkaitan dengan sistem panas bumi (Li & Oldenburg, 1996; Talwani, 1965). Di sisi lain, *Land Surface Temperature (LST)* berbasis citra satelit, seperti *Landsat* dan *ASTER*, telah banyak dimanfaatkan untuk mendeteksi anomali suhu permukaan. Anomali ini umumnya berasosiasi dengan manifestasi panas bumi, zona alterasi hidrotermal, dan jalur rekahan aktif (Muhajir et al., 2023; Qin et al., 2011; Uchôa et al., 2023; Zuhdi, Taufik, & Ayub, 2021). Integrasi metode gravitasi dan *LST* memungkinkan analisis hubungan antara struktur bawah permukaan dan respon termal di permukaan. Dengan demikian,

pendekatan ini dapat memberikan kerangka eksplorasi panas bumi yang lebih komprehensif dan efisien.

Di Lapangan Panas Bumi Dieng, studi gravitasi telah dilakukan untuk mengidentifikasi sumber panas berupa intrusi batuan berdensitas tinggi di bawah area Sikidang–Merdada. Studi-studi tersebut juga menunjukkan adanya segmentasi reservoir yang tidak sepenuhnya dikontrol oleh sesar yang teramati di permukaan (Boedihardi et al., 1991; Rosid & Sibarani, 2021). Namun demikian, pemanfaatan data *LST* secara sistematis untuk mengkaji hubungan antara anomali termal permukaan dan struktur bawah permukaan di wilayah Dieng masih relatif terbatas. Di daerah panas bumi lain, seperti *East African* (Romaguera et al., 2018), *Mount Meager Volcanic Complex* (Canada) (Chen et al., 2025), dan *Ternate Island's Gamalama Volcano* (Indonesia) (Dewanto et al., 2025), integrasi data gravitasi dan *LST* terbukti efektif dalam mengidentifikasi zona *upflow*, rekahan aktif, serta batas reservoir panas bumi. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan multi-data mampu meningkatkan keandalan interpretasi sistem panas bumi, terutama pada wilayah vulkanik dengan kompleksitas tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Lapangan Panas Bumi Dieng memiliki potensi energi panas bumi yang sangat besar. Namun, potensi tersebut dikendalikan oleh sistem geologi dan magmatik yang kompleks. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, keterkaitan antara struktur densitas bawah permukaan, sumber panas magmatik, dan respon termal permukaan masih belum sepenuhnya terintegrasi dalam satu kerangka interpretasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan integrasi data gravitasi dan *Land Surface Temperature (LST)* untuk memetakan struktur bawah permukaan secara spasial serta mengidentifikasi zona-zona prospektif panas bumi di Kompleks Gunungapi Dieng. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai sistem panas bumi Dieng. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan energi panas bumi yang berkelanjutan sekaligus berkontribusi pada upaya mitigasi risiko kebencanaan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan dalam latar belakang, penelitian ini difokuskan pada penerapan metode geofisika berbasis data *gravity* dan *Land Surface Temperature (LST)* untuk pemetaan secara spasial daerah panas bumi di Kompleks Gunungapi Dieng. Secara lebih spesifik, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan interpretasi kualitatif anomali gravitasi untuk mengidentifikasi pola sebaran anomali densitas bawah permukaan yang berkaitan dengan struktur geologi, intrusi magmatik, dan zona alterasi hidrotermal di Kompleks Gunungapi Dieng.
2. Menganalisis struktur geologi bawah permukaan menggunakan transformasi turunan data gravitasi, meliputi *Horizontal Gradient (HG)*, *Vertical Derivative (VD)*, dan *Tilt Derivative (TDR)*, untuk mengidentifikasi keberadaan sesar, batas litologi, dan zona rekahan yang berperan dalam pengontrol sistem panas bumi Dieng.
3. Mengintegrasikan hasil analisis anomali gravitasi dan turunannya dengan data *Land Surface Temperature (LST)* untuk mengkaji hubungan antara struktur bawah permukaan dan respon termal permukaan, serta mengidentifikasi zona-zona prospektif panas bumi dan potensi jalur migrasi fluida hidrotermal di wilayah Dieng.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Secara akademik, penelitian ini menambah wawasan ilmiah mengenai penerapan metode *gravity* dan *LST* dalam pemetaan daerah panas bumi Dieng.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi awal bagi pemerintah daerah dan pihak terkait dalam pengelolaan sumber daya panas bumi secara lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan.