

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada zona tektonik aktif yang dikenal sebagai Cincin Api Pasifik, yaitu wilayah dengan aktivitas vulkanik tinggi akibat pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi geologi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah gunung api terbanyak di dunia dan tingkat aktivitas vulkanik yang sangat tinggi. Interaksi antar lempeng tersebut tidak hanya membentuk pegunungan aktif, tetapi juga menciptakan sistem panas bumi yang kompleks dan melimpah. Gunung api aktif menghasilkan reservoir panas di bawah permukaan bumi melalui proses intrusi magma, yang kemudian memanaskan air tanah dan membentuk sistem hidrotermal (Caudron dkk., 2018). Sistem ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas bumi, yang menurut data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), memiliki potensi mencapai sekitar 29,5 GW dan tersebar di seluruh nusantara (Pambudi & Ulfa, 2024). Meskipun potensi panas bumi di Indonesia tergolong besar, pemanfaatannya hingga saat ini masih berada pada tingkat yang rendah. Hingga tahun 2021, kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) baru mencapai sekitar 2.286.05 MW atau sekitar 9% dari potensi yang ada (Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2022). Kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan yang signifikan antara potensi sumber daya yang dimiliki dengan tingkat pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia.

Permen ESDM Nomor 36 Tahun 2017 mendefinisikan energi panas bumi sebagai energi panas yang terkandung dalam air panas, uap air, serta bantuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya dalam suatu sistem panas bumi. Panas bumi merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat digunakan secara berkelanjutan, tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Beberapa faktor yang

menyebabkan pemanfaatan panas bumi rendah antara lain, tingginya biaya eksplorasi, pengembangan, risiko investasi yang tinggi, tantangan sosial dan lingkungan yang harus dihadapi dalam proses pengembangan wilayah panas bumi.

Salah satu wilayah yang memiliki indikasi potensi panas bumi adalah daerah Maronge, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Secara geologi, wilayah ini tersusun oleh batuan vulkanik muda hasil aktivitas gunung api, serta memiliki struktur sesar dan rekahan yang berpotensi menjadi jalur migrasi fluida panas. Kondisi tersebut menjadikan daerah Maronge sebagai wilayah potensial dalam jalur vulkanik aktif yang penting dieksplorasi lebih lanjut. Untuk mengetahui potensi panas bumi secara lebih akurat, diperlukan analisis struktur geologi bawah permukaan, karena sesar dan rekahan berfungsi sebagai jalur fluida panas dan mempengaruhi distribusi suhu serta tekanan sistem hidrotermal, serta dapat menentukan lokasi optimal untuk kegiatan pengeboran (Aprianto, 2015).

Salah satu metode geofisika yang efektif dalam mendeteksi struktur bawah permukaan adalah metode gravitasi, yang bekerja berdasarkan variasi percepatan gravitasi akibat perbedaan densitas batuan. Metode ini efisien dalam cakupan wilayah luas dengan biaya yang relatif rendah, serta dapat mendeteksi struktur geologi yang tidak terlihat melalui metode konvensional (Ombati dkk., 2022). Dalam penelitian ini, digunakan data gravitasi dari *Global Gravity Model Plus (GGMPlus)*, yaitu model gravitasi resolusi tinggi hasil integrasi data satelit *GOCE (Gravity Recovery and Climate Experiment)*, dengan data topografi *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. *GGMPlus* memiliki resolusi spasial dengan jarak antar titik grid sebesar 220 meter (Hirt dkk., 2013), dan mampu memetakan variasi anomali gravitasi dengan baik di wilayah bertopografi kompleks seperti Sumbawa. Penggunaan *GGMPlus* sangat relevan karena kondisi topografi wilayah Maronge yang bergelombang dan akses medan yang terbatas, karena kondisi tersebut model ini dapat menjadi alternatif yang efisien untuk memperoleh data gravitasi dengan cakupan luas tanpa harus melakukan pengukuran langsung di seluruh area. Dengan *GGMPlus*, distribusi anomali *Bouguer* dan variasi densitas batuan bawah

permukaan dapat dimodelkan untuk mengidentifikasi adanya sesar, maupun struktur geologi yang berpotensi sebagai sistem panas bumi.

Pemanfaatan data *GGMPlus* untuk eksplorasi panas bumi telah diterapkan pada beberapa wilayah prospek geotermal di Indonesia. Pada penelitian di Kecamatan Panti, Kabupaten Pasaman, menunjukkan bahwa analisis anomali Bouguer serta pemisahan anomali regional dan residual mampu mengungkapkan zona rekahan dan jalur sirkulasi fluida panas bumi (Yasmin dkk., 2025). Studi lain di Maritaing di Alor, Nusa Tenggara Timur, melalui analisis derivatif dan inversi gravitasi tiga dimensi berhasil mengidentifikasi zona densitas tinggi yang berkaitan dengan intrusi magma dan aliran fluida panas pada kedalaman, hal tersebut menunjukkan peran signifikan data gravitasi resolusi tinggi dalam penentuan target eksplorasi awal (Boling dkk., 2024). Dua penelitian tersebut, menyatakan bahwa *GGMPlus* mampu digunakan sebagai sumber data awal dalam pemetaan struktur bawah permukaan dan identifikasi prospek panas bumi, terutama pada area yang belum memiliki survei lapangan, termasuk wilayah Maronge di Sumbawa.

Selain metode gravitasi, metode *Land Surface Temperature (LST)* yang dikombinasikan dengan *Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI)* merupakan teknik penginderaan jauh berbasis citra satelit untuk eksplorasi panas bumi. *LST* digunakan untuk mengidentifikasi anomali suhu permukaan sebagai indikasi aktivitas panas, sementara *NDVI* berfungsi untuk menganalisis kerapatan vegetasi yang berkaitan dengan distribusi panas di permukaan. Hubungan antara *LST* dan *NDVI* menunjukkan korelasi negatif, yaitu nilai *NDVI* rendah dan *LST* tinggi. Data *LST* diperoleh dari sensor termal *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* pada *Landsat-8 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)*, sementara *NDVI* diperoleh dari sensor optik seperti *Operational Land Imager (OLI)* pada *Landsat-8*. Dengan demikian, memungkinkan pemetaan awal zona prospek panas bumi secara luas, efisien, dan non-invasif (Chen dkk., 2025). Deteksi anomali termal melalui pendekatan ini bermanfaat dalam wilayah yang belum memiliki data geofisika bawah permukaan yang memadai, kendati demikian dapat menjadi langkah awal dalam eksplorasi sebelum dilakukan survei lanjutan yang lebih detail.

Penerapan metode *LST* di Indonesia telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi potensi panas bumi. Studi di Rana Kulan, Nusa Tenggara Timur, menggunakan data *Landsat-8* dan menunjukkan bahwa nilai *NDVI* rendah dan *LST* tinggi berkorelasi dengan keberadaan sesar dan rekahan batuan vulkanik yang berperan sebagai jalur keluarnya fluida panas Imran dkk. (2021). Penelitian lain di Sipoholon, Sumatera Utara, memanfaatkan citra *Landsat 8-9 OLI/TIRS* dan menunjukkan bahwa nilai *LST* tinggi berkorelasi dengan lokasi manifestasi panas bumi berupa mata air panas Mardiaty dkk. (2022) Pendekatan ini sangat relevan diterapkan pada wilayah seperti Maronge, Sumbawa, yang memiliki keterbatasan akses medan namun potensi geotermalnya cukup tinggi.

Integrasi antara metode gravitasi dan *LST* dalam eksplorasi panas bumi memberikan pendekatan yang mendalam dan saling melengkapi (Madani & Said, 2024). Metode gravitasi mampu mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan yang berperan sebagai jalur migrasi fluida panas bumi, sementara *LST* memberikan informasi distribusi anomali termal di permukaan yang dapat dikorelasikan dengan keberadaan aktivitas panas bumi. Integrasi kedua metode ini meningkatkan akurasi dalam identifikasi zona prospek panas bumi dan mengurangi ketidakpastian dalam tahap awal eksplorasi. Pendekatan ini telah terbukti efektif dalam berbagai studi geotermal, baik dalam tingkat nasional maupun internasional seperti pada penelitian (Alqahtani dkk., 2023). di Lunayyir Volcanic Field, Arab Saudi, serta Imran dkk. (2021) di Rana Kulan, Nusa Tenggara Timur, Indonesia, yang keduanya menunjukkan bahwa integrasi data gravitasi dan *LST* mampu mengidentifikasi zona panas bumi dengan presisi.

Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan metode gravitasi dan *LST* untuk eksplorasi panas bumi di wilayah Maronge hingga saat ini belum pernah dilakukan. Sebagian besar penelitian sebelumnya di Sumbawa masih terbatas pada analisis geologi permukaan atau pemetaan anomali gravitasi regional tanpa memperhatikan aspek termal permukaan. Padahal, integrasi kedua metode ini berpotensi memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap sistem hidrotermal bawah permukaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk

mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan dan potensi panas bumi di wilayah Maronge, Sumbawa, Nusa Tenggara Barat melalui integrasi metode Gravitasi dan *Land Surface Temperature (LST)*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai kondisi struktur bawah permukaan dan indikasi sistem panas bumi yang dapat dijadikan dasar dalam kegiatan eksplorasi lanjutan di wilayah tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi struktur bawah permukaan daerah Maronge dengan menggunakan metode gravitasi
2. Menganalisis distribusi suhu permukaan tanah di daerah Maronge menggunakan data *LST* dari citra satelit.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengidentifikasi struktur bawah permukaan daerah Maronge dengan menggunakan metode gravitasi.
2. Menganalisis distribusi suhu permukaan tanah di daerah Maronge menggunakan data *LST* dari citra satelit.