

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cisolok, yang terletak di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, merupakan wilayah dengan potensi sumber daya mineral cukup besar (Usman, 2015). Berdasarkan karakteristik geologi dan petrogenesis batuan beku daerah Cisolok, ditemukan mineral-mineral opak seperti magnetit dan hematit hasil proses alterasi hidrotermal, dengan kandungan total oksida besi (Fe_2O_3) yang mencapai 9,14% dalam beberapa sampel batuan mafik (Masse dkk., 2024). Hal ini mengindikasikan adanya potensi keberadaan bijih besi di daerah Cisolok yang perlu diteliti. Selain itu, aktivitas penambangan pasir besi di wilayah Tegalbuleud, Sukabumi pada tahun 2012 – 2014 juga memperkuat indikasi tersebut (Gilang, 2023; Iman, 2015). Namun, potensi yang cukup signifikan ini belum dapat teramati dan terkelola dengan baik karena belum adanya penelitian yang membahas bijih besi di daerah Cisolok. Oleh karena itu, diperlukan studi lanjutan menggunakan gabungan metode geofisika, yaitu magnetik dan gravitasi untuk memetakan dan memodelkan potensi bijih besi pada daerah penelitian.

Bijih besi memiliki peranan penting dalam mendukung perkembangan industri dan pembangunan infrastruktur, seperti konstruksi jembatan, gedung bertingkat, pembuatan otomotif, serta alat transportasi. Sutisna (2019) mengemukakan bahwa bijih besi merupakan endapan mineral yang berasal dari batuan vulkanik, andesit, dan basalt yang banyak mengandung unsur besi. Berdasarkan kejadiannya, endapan besi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu endapan besi primer yang terjadi karena proses hidrotermal, endapan besi laterit yang terjadi karena proses pelapukan, dan endapan pasir besi yang terjadi karena rombakan serta sedimentasi secara kimia dan fisika (Prabowo, 2011).

Magnetik dan gravitasi merupakan metode geofisika yang sering digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan bumi (Adhani dkk., 2022). Kedua metode ini mampu mendeteksi anomali fisis berupa kontras kemagnetan dan densitas yang dapat mengungkap zona-zona mineralisasi Fe tersembunyi di bawah

permukaan dengan akurasi yang lebih tinggi (Ginanjari, 2016). Penggabungan kedua metode (*joint inversion*) mampu mengurangi nilai ambiguitas dan meningkatkan keakuratan model struktur bawah permukaan (Alaydrus, A. T. dkk, 2023). Magnetik memiliki kemampuan untuk mendeteksi sifat kemagnetan (susceptibilitas magnetik) sebagai parameter utama yang terdapat dalam batuan ferromagnetik seperti bijih besi (Arman, 2021), sedangkan metode gravitasi digunakan untuk memprediksi anomali gaya berat dan struktur bawah permukaan suatu daerah menggunakan parameter perubahan densitas batuan penyusunnya (Ardi, 2022).

Inversi gabungan (*joint inversion*) dalam konsep geofisika dibagi menjadi dua kategori, yaitu menggabungkan dua metode berdasarkan sifat petrofisika dan distribusi struktural yang sama dari parameter bawah permukaan. Penggabungan yang bergantung pada sifat petrofisika memiliki kelemahan dikarenakan sulitnya menemukan hubungan fisik batuan yang akurat sehingga lebih efektif inverteksi gabungan berdasarkan distribusi struktural bawah permukaan (Haber, E., & Oldenburg, 1997). Gallardo dan Meju mengusulkan algoritma inverteksi *cross-gradient*, yang mengamsusikan batas-batas benda anomali identik atau sebagian identik dalam bidang geofisika (Gallardo, L. A. dkk, 2012).

Dalam prosesnya, *joint inversion* sangat bergantung pada *forward modeling*, yaitu simulasi respon geofisika yang dihasilkan dari model bawah permukaan yang diasumsikan. Dalam setiap iterasi inverteksi, *forward modeling* digunakan untuk menghitung anomali gravitasi berdasarkan distribusi densitas dan anomali magnetik berdasarkan distribusi susceptibilitas, yang kemudian dibandingkan dengan data pengamatan guna menghitung misfit atau persentase kesalahan. Informasi ini selanjutnya digunakan untuk memperbarui model secara iteratif hingga diperoleh solusi optimal yang meminimalkan kesalahan antara data sintetik dan observasi.

Pemodelan ke depan (*forward modeling*) digunakan untuk memperkirakan struktur bawah permukaan. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Newton dan Laplace pada abad ke-18 dan mulai berkembang dalam geofisika pada awal

abad ke-20. Telford, melalui bukunya "*Applied Geophysics*", memberikan kontribusi signifikan dalam mengembangkan metode ini untuk analisis data gravitasi, magnetik, dan seismik (Telford dkk., 1990). Seiring perkembangan teknologi, *forward modeling* kini terus mengalami perkembangan untuk menghasilkan model dua dimensi (2D) yang lebih representatif dari kondisi bawah permukaan (Hasanah dkk., 2016). Metode ini bekerja dengan menghitung data teoretis di permukaan bumi, yang kemudian dibandingkan dengan data aktual dari lubang bor, survei seismik, literatur, atau pengukuran lapangan, untuk mengestimasi bentuk dan karakteristik anomali bawah permukaan (Basuki dkk., 2017).

Pada tahun 1980-2000, terjadi pengembangan konsep *forward modeling* dari 2D menjadi pemodelan tiga dimensi (3D) berbasis inversi. Distribusi magnetisasi 3D pertama kali dikemukakan oleh Bhattacharyya pada tahun 1980, yang bertujuan untuk menggambarkan anomali medan magnet yang teramati di suatu wilayah (Bhattacharyya, 1980). Metode ini kemudian diteliti lebih lanjut oleh Pooria Kianoush pada tahun 2023 dengan menggunakan pemodelan inversi data magnetik (Kianoush dkk., 2023). Pada tahun 1987, Sharma mengembangkan metode inversi multiparameter terkomputerisasi, yang menunjukkan bahwa interpretasi kuantitatif telah berkembang (Sharma, 1987).

Kemudian, pada tahun 1994, *University of British Columbia - Geophysical Inversion Facility* (UBC-GIF) mengembangkan perangkat lunak berbasis *forward modelling* (Li & Oldenburg, 1998) dan inversi 3D berbasis regularisasi Tikhonov dalam pemodelan gravitasi dan magnetik. Regularisasi ini memastikan bahwa solusi yang diperoleh tetap stabil meskipun data memiliki *noise* atau jumlah informasi terbatas. Selain itu, terdapat pula perangkat lunak Zondmag3d yang dapat digunakan untuk melakukan inversi magnetik dan gravitasi. Teknik yang digunakannya adalah *Occam's inversion*. Teknik ini digunakan pula oleh Ghanati dkk (2017) untuk meneliti struktur geometris sederhana seperti badan silinder dan lembaran tipis dengan menggunakan parameter regularisasi yang memperkirakan

Weighted Generalized Cross Validation (WGCV) dan kriteria kurva-L (Ghanati dkk., 2017).

Penggabungan metode magnetik, gravitasi, serta data geologi bawah permukaan yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai potensi dan persebaran bijih besi pada daerah Cisolok, Sukabumi. Seiring perkembangan teknologi, pengumpulan data magnetik dan gravitasi dapat dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran satelit seperti yang akan digunakan pada penelitian ini. Adapun penggunaan metode *joint inversion* data magnetik-gravitasi dalam pengolahan data mampu membuat model daerah sebaran bijih besi yang diperoleh tetap stabil meskipun data memiliki *noise* atau jumlah informasi terbatas. Langkah ini dapat membuat penelitian lebih efisien dan efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan dalam beberapa pertanyaan berikut.

1. Bagaimana struktur bawah permukaan daerah Cisolok indikasi keberadaan bijih besi ditinjau dari nilai anomali magnetik dan anomali bouguer lengkap?
2. Bagaimana potensi bijih besi di daerah Cisolok berdasarkan model 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikorelasikan dengan struktur geologi daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan dan batasan masalah yang telah diuraikan diatas, tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh gambaran mengenai struktur bawah permukaan daerah Cisolok serta indikasi keberadaan bijih besi berdasarkan nilai anomali magnetik dan anomali bouguer lengkap.

2. Memperoleh gambaran mengenai potensi bijih besi di Cisolok melalui model 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikorelasikan dengan struktur geologi daerah penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan di atas, batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini memfokuskan analisis struktur bawah permukaan di daerah Cisolok berdasarkan interpretasi peta anomali magnetik dan anomali Bouguer lengkap pada zona dengan nilai anomali tertinggi, yang diindikasikan sebagai area prospek bijih besi. Wilayah kajian berada pada koordinat UTM X 655000–680000 mT (meter Timur) dan UTM Y 9228000–9236000 mU (meter Utara).
2. Identifikasi potensi bijih besi mencakup analisis lokasi anomali tubuh bijih besi. Pemodelan dilakukan secara 2D menggunakan metode Talwani dengan pendekatan blok/kotak, serta secara 3D menggunakan perangkat lunak ZondGM3D.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi awal mengenai pemetaan daerah potensial bijih besi di Cisolok.
2. Memberikan dasar informasi dan gambaran yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan eksplorasi lanjutan pada daerah penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima Bab dengan dilengkapi beberapa Sub-Bab yang menunjang pembahasan pada setiap Bab nya. Bab I Pendahuluan menguraikan hal-hal yang berkaitan dengan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka memaparkan tentang kajian pustaka dan penelitian terdahulu tentang bijih besi, kondisi geologi regional

daerah penelitian, dasar-dasar teori metode magnetik, gravitasi, inversi dan *forward modeling*. Bab III Metode Penelitian memaparkan skema penelitian yang meliputi waktu dan tempat penelitian, prosedur penelitian, perolehan data, dan teknik analisis data. Bab IV Hasil dan Pembahasan memuat hasil dari pengolahan data dan pembahasan mengenai analisis struktur bawah permukaan daerah Cisolok serta indikasi potensi bijih besi berdasarkan pemodelan 2 dimensi dan 3 dimensi.