

IDENTIFIKASI STRUKTUR SEDIMEN DI DANAU LIMBOTO MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNETIK

Kurniawan Suhana

¹⁾Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No. 6, Kota Gorontalo;

²⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Email: kurniawan.suhana@ung.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi struktur sedimen di Danau Limboto menggunakan metode geomagnetik. Metode ini dipilih karena bersifat non-invasif dan efisien dalam mendeteksi variasi bawah permukaan berdasarkan sifat kemagnetan batuan. Survei geomagnetik dilakukan menggunakan Proton Precision Magnetometer (PPM) tipe GSM-19T dengan sistem base-rover, yang mampu merekam variasi medan magnet total. Data yang diperoleh dianalisis melalui koreksi harian, koreksi IGRF, reduksi ke kutub, pemisahan anomali, dan pemodelan 2D dengan perangkat lunak Oasis Montaj. Hasil dari pengolahan data magnetik digunakan untuk merekonstruksi distribusi suseptibilitas magnetik yang berkaitan erat dengan ketebalan dan struktur sedimen di wilayah penelitian. Metode ini memberikan pendekatan geofisika yang praktis dan ramah lingkungan untuk studi sedimen di danau, serta dapat digunakan sebagai acuan untuk revitalisasi danau ke depan.

Kata kunci: Danau Limboto, geomagnetik, metode base-rover, sedimen, suseptibilitas

Abstract

This study aims to identify sediment structures in Lake Limboto using the geomagnetic method. This method was chosen due to its non-invasive nature and efficiency in detecting subsurface variations based on the magnetic properties of rocks. The geomagnetic survey was conducted using a Proton Precision Magnetometer (PPM) GSM-19T with a base-rover system capable of recording total magnetic field variations. The collected data were analyzed through diurnal correction, IGRF correction, reduction to the pole, anomaly separation, and 2D modeling using Oasis Montaj software. The results from the magnetic data processing were used to reconstruct magnetic susceptibility distributions closely related to sediment thickness and structure. This method offers a practical and environmentally friendly geophysical approach for sediment studies in lakes and can be used as a reference for future lake revitalization.

Keywords: base-rover method, geomagnetic, Lake Limboto, magnetic susceptibility, sediment

1. PENDAHULUAN

Danau merupakan salah satu ekosistem air tawar yang memiliki peran penting dalam siklus hidrologi, keseimbangan ekologis, serta aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat sekitarnya. Namun, fenomena sedimentasi berlebih telah menjadi ancaman serius bagi kelestarian dan fungsi alami danau. Danau Limboto, yang terletak di Provinsi Gorontalo, merupakan salah satu contoh danau yang mengalami degradasi akibat sedimentasi yang masif. Akumulasi material sedimen yang berlangsung secara bertahap menyebabkan pendangkalan badan danau, berkurangnya kapasitas tampung air, serta terganggunya biota akuatik yang hidup di dalamnya (Aziz et al., 2016).

Dalam upaya mitigasi dan restorasi lingkungan danau, dibutuhkan data geologi bawah permukaan secara rinci, khususnya terkait distribusi dan ketebalan sedimen. Salah satu metode yang mampu menyediakan informasi tersebut secara non-invasif adalah metode geomagnetik. Metode ini memanfaatkan prinsip pengukuran medan magnet total di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh sifat kemagnetan material di bawah permukaan (Telford et al., 1990; Reynolds, 1997; Lowrie, 2007).

Prinsip dasar metode geomagnetik adalah mengukur fluktuasi medan magnet bumi yang diakibatkan oleh variasi suseptibilitas magnetik (χ) dari berbagai jenis batuan dan sedimen (Telford et al., 1990; Blakely,

1995). Suseptibilitas magnetik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk termagnetisasi ketika berada dalam medan magnet luar, dan nilai ini sangat tergantung pada kandungan mineral feromagnetik seperti magnetit, hematit, dan ilmenit (Clark, 1997; Hunt et al., 1995; Parasnis, 1997). Material dengan nilai suseptibilitas tinggi (seperti batuan vulkanik atau pasir besi) akan menghasilkan anomali positif, sedangkan material seperti lempung atau batuan sedimen halus akan menghasilkan anomali negatif (Syukri, 2020; Grant & West, 1965).

Medan magnet total (ΔT) yang diukur di permukaan merupakan superposisi dari medan utama bumi (IGRF), variasi harian, dan anomali lokal yang disebabkan oleh variasi litologi (Lowrie, 2007; Blakely, 1995). Secara umum, anomali medan magnet lokal dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta T = T_{\text{obs}} - T_{\text{IGRF}} - \Delta T_{\text{harian}}$$

Di mana:

ΔT adalah anomali medan magnet lokal

T_{obs} adalah medan magnet total hasil pengukuran

T_{IGRF} adalah nilai medan utama bumi dari model IGRF

ΔT_{harian} adalah variasi harian yang dicatat dari base station

Dengan memanfaatkan teknik reduksi ke kutub (RTP), anomali magnetik yang terekam dapat direkonstruksi seolah-olah berasal dari kutub magnet bumi, sehingga interpretasi posisi sumber anomali menjadi lebih akurat (Firmansyah & Budiman, 2019; Blakely, 1995; Nabighian, 1988). Data yang telah dikoreksi kemudian diolah lebih lanjut menggunakan perangkat lunak seperti Oasis Montaj untuk menghasilkan model dua dimensi bawah permukaan.

2. METODE



Gambar 2.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di tiga lokasi sekitar Danau Limboto, yaitu Desa Pentadio Barat, Kelurahan Kayubulan, dan Desa Hutadaa di Kabupaten Gorontalo. Survei dilaksanakan pada Oktober 2024.

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian Penelitian dilakukan di tiga lokasi sekitar Danau Limboto, yaitu Desa Pentadio Barat, Kelurahan Kayubulan, dan Desa Hutadaa di Kabupaten Gorontalo. Survei dilaksanakan pada Oktober 2024.

2.2 Alat dan Bahan

1. Proton Precision Magnetometer GSM-19T (dua unit: base dan rover)
2. GPS untuk penentuan koordinat
3. Komputer dan software: Oasis Montaj, Surfer, ArcGIS, Google Earth, Excel

2.3 Prosedur Akuisisi Data

1. Penentuan base station di lokasi bebas gangguan magnetik
2. Kalibrasi alat PPM
3. Pengukuran data rover pada titik-titik yang telah dipetakan (jarak antar titik ± 10 m, pengukuran berulang sebanyak 3 kali per titik)
4. Pengukuran intensitas medan magnet oleh base station setiap 30 detik
5. Pencatatan waktu, posisi UTM, dan kondisi lapangan

2.4 Pengolahan Data Tahapan pengolahan data geomagnetik meliputi:

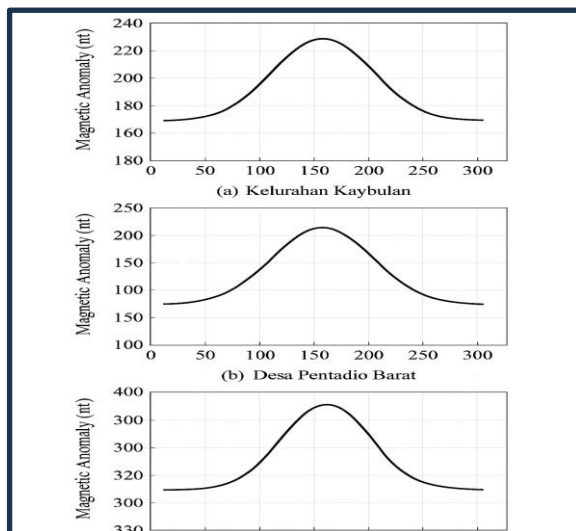
1. Koreksi Harian: Menghilangkan variasi harian yang terekam oleh base station.
2. Koreksi IGRF: Menghilangkan kontribusi medan utama bumi berdasarkan referensi IGRF dari BMKG.
3. Anomali Medan Magnet: Dihitung dari selisih antara medan magnet terukur, koreksi harian, dan nilai IGRF.
4. Reduksi ke Kutub: Transformasi data anomali agar sumber berada tepat di bawah anomali untuk memudahkan interpretasi.

5. Pemisahan Anomali: Pemisahan komponen anomali regional (dalam) dan residual (dangkal) menggunakan band-pass filter.

2.5 Pemodelan 2D Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj. Model bawah permukaan dibuat dalam bentuk penampang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data geomagnetik di tiga lokasi penelitian menunjukkan adanya variasi nilai anomali medan magnet total yang merepresentasikan perbedaan suseptibilitas magnetik di bawah permukaan. Setiap lokasi memperlihatkan karakteristik kurva anomali yang khas dan dapat diinterpretasikan secara geofisika berdasarkan bentuk, nilai, serta lebar kurva.



Gambar 4.1 Kurva anomali total magnetik setiap lokasi penelitian

3.1 Kelurahan Kayubulan

Pada lokasi ini, nilai anomali menunjukkan pola simetris dengan puncak anomali sekitar 230 nT. Kurva lonceng yang halus mengindikasikan adanya sumber anomali yang relatif homogen dan berukuran kecil. Berdasarkan referensi suseptibilitas magnetik, karakter ini diasosiasikan dengan dominasi material lempung dan pasir halus yang memiliki nilai χ rendah hingga sedang. Citra anomali geomagnetik diperlihatkan pada Gambar 3a.

3.2 Desa Pentadio Barat

Kurva anomali pada lokasi ini menunjukkan nilai maksimum sekitar 210 nT dengan kontur yang tidak terlalu tajam. Pola simetrisnya menandakan adanya akumulasi sedimen campuran seperti pasir kasar, batulempung, dan lempung dengan variasi ketebalan. Perubahan nilai anomali yang tidak terlalu drastis menyiratkan sebaran litologi yang beragam namun

2D yang terdiri dari blok-blok dengan nilai suseptibilitas tertentu. Model tersebut disesuaikan secara iteratif dengan data anomali hingga diperoleh kesesuaian antara model teoritis dan pengamatan lapangan. Hasil akhir berupa pemetaan struktur sedimen dan estimasi ketebalan lapisan berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik.

tidak terlalu kontras secara kemagnetan. Visualisasi grafik anomali geomagnetik disajikan pada Gambar 3b.

3.3 Desa Hutadaa

Lokasi ini memperlihatkan anomali tertinggi dengan puncak sekitar 380 nT. Kurva yang lebih curam menunjukkan adanya keberadaan batuan dengan suseptibilitas tinggi, seperti batuan vulkanik atau pasir besi, yang mendominasi bagian bawah sedimen. Kontras tinggi antar lapisan menyebabkan bentuk kurva menjadi lebih tajam. Citra kurva geomagnetik ditunjukkan pada Gambar 3c.

Perbedaan nilai anomali antara ketiga lokasi sesuai dengan teori fisika batuan dan prinsip dasar geomagnetik. Lokasi dengan dominasi lempung memperlihatkan anomali rendah, sementara kehadiran material feromagnetik seperti pasir besi atau fragmen batuan menghasilkan anomali tinggi. Oleh karena itu, metode geomagnetik efektif dalam memetakan variasi struktur sedimen serta identifikasi litologi bawah permukaan Danau Limboto. Hasil dapat dinyatakan dalam narasi, tabulasi, grafik, dan atau gambar. Usahakan untuk menampilkannya seringkas dan sekomprensif mungkin.

Pembahasan harus terfokus pada hasil dan bagaimana hasil tersebut dapat menjawab masalah yang diangkat.

4. SIMPULAN

Metode geomagnetik terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam mengidentifikasi struktur dan ketebalan sedimen di Danau Limboto. Keunggulan utama metode ini adalah sifatnya yang non-invasif, efisien dalam akuisisi dan pengolahan data, serta mampu memberikan informasi bawah permukaan yang tidak dapat diperoleh dari pengamatan visual. Implementasi metode ini berpotensi mendukung upaya pelestarian dan pengelolaan danau secara berkelanjutan.

5. REKOMENDASI

5.1 Pemanfaatan Metode Geomagnetik Secara Luas

Metode geomagnetik terbukti efektif dalam memetakan variasi struktur sedimen secara non-invasif. Oleh karena itu, metode ini direkomendasikan untuk digunakan secara lebih luas dalam studi geofisika danau lainnya di Indonesia, khususnya yang mengalami pendangkalan akibat sedimentasi.

5.2 Pengambilan Data Tambahan di Area Transisi

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih rinci terhadap batas antar lapisan sedimen dan batuan dasar, disarankan untuk melakukan pengambilan data tambahan di zona transisi antar lokasi, terutama antara Kayubulan dan Pentadio Barat yang memperlihatkan perubahan suseptibilitas yang signifikan.

5.3 Integrasi Metode Geofisika Lain

Disarankan agar penelitian lanjutan mengintegrasikan metode resistivitas atau seismik dangkal untuk memperkuat interpretasi hasil geomagnetik dan mendapatkan informasi lebih komprehensif terkait jenis dan ketebalan sedimen.

5.4 Pemanfaatan Data untuk Restorasi Danau Limboto

Hasil penelitian ini sebaiknya digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis dalam program revitalisasi Danau Limboto oleh pemerintah daerah, terutama untuk menentukan zona pengerukan sedimen secara selektif dan berkelanjutan.

5.5 Pemetaan Lanjutan dengan Resolusi Lebih Tinggi

Mengingat heterogenitas litologi sedimen di Danau Limboto, disarankan dilakukan pemetaan geomagnetik dengan resolusi titik yang lebih rapat agar diperoleh model bawah permukaan yang lebih detail dan akurat. Jika ada, rekomendasi harus berkaitan dengan hal-hal yang dibahas, pelaksanaan atau hasil penelitian. Rekomendasi ditujukan untuk mengatasi atau membantu menyelesaikan masalah yang diselidiki, bersifat logis, sah, dapat dikerjakan dan praktis.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini,

khususnya kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan di Universitas Negeri Gorontalo.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A., dkk. (2016). Pengolahan Data Magnetik untuk Identifikasi Struktur Bawah Permukaan. *Jurnal Fisika Bumi*, 8(2), 65-72.
- Blakely, R. J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*.
- Clark, D. A. (1997). Magnetic petrophysics and magnetic petrology. *Exploration Geophysics*, 28, 161-170.
- Firmansyah, R., & Budiman, A. (2019). Teknik Interpretasi Data Geomagnet. *Prosiding Seminar Geofisika Indonesia*, 23(1), 14-21.
- Grant, F. S., & West, G. F. (1965). *Interpretation Theory in Applied Geophysics*.
- Hidayat, R. (2019). Koreksi Medan Magnet Menggunakan IGRF. *Jurnal Geosains*, 7(1), 50-58.
- Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). *Magnetic properties of rocks and minerals*.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of Geophysics*.
- Nabighian, M. N. (1988). *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*.
- Pane, D., dkk. (2016). Pemodelan 2D Anomali Magnetik Menggunakan Software Geosoft. *Jurnal Geoteknik*, 4(3), 145-152.
- Parasnis, D. S. (1997). *Principles of Applied Geophysics*.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*.
- Siregar, E., dkk. (2021). Akuisisi dan Pengolahan Data Geomagnetik dengan PPM. *Jurnal Eksplorasi Geofisika*, 11(2), 30-40.
- Syukri, F. (2020). *Teori Dasar Kemagnetan Bumi*. Jakarta: Penerbit Geosain Indonesia.
- Telford, W.M., et al. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.