

DOI: doi.org/10.21009/0305020402

IDENTIFIKASI SIFAT MAGNETIK TANAH DI DAERAH TANAH LONGSOR

Rahma Andini Pratiwi¹, Agum Gumelar Prakoso¹, Riski Darmasetiawan¹, Eleonora Agustine¹,
Kartika Hajar Kirana¹, Dini Fitriani^{1, a)}

¹Departemen Geofisika FMIPA Unpad, Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Sumedang 45363

Email: ^{a)}dini@geophys.unpad.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang sifat magnetik tanah yang diambil di daerah yang telah mengalami longsor. Sampel tanah diambil dari dua lokasi, yaitu area A yang merupakan lokasi terdampak longsor dan area B sebagai lokasi yang tidak mengalami longsor. Parameter magnetik yang dikaji adalah susceptibilitas magnetik yang diukur pada frekuensi 0,46 kHz (χ_{LF}) dan 4,6 kHz (χ_{HF}). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai χ_{LF} di area A berkisar antara $345,2 \times 10^{-8}$ m³/kg sampai 571×10^{-8} m³/kg dan area B berada di rentang $332,3 \times 10^{-8}$ m³/kg sampai $668,1 \times 10^{-8}$ m³/kg. Rentang nilai tersebut menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung tergolong dalam mineral ferrimagnetik. Perbedaan relatif antara χ_{LF} dan χ_{HF} merupakan *frequency dependent susceptibility* ($\chi_{FD}(\%)$). Nilai $\chi_{FD}(\%)$ area A berada di rentang 2,65% hingga 3,33%, sementara area B bernilai 0,97% sampai 2,58%. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan kandungan bulir superparamagnetik, di mana area A memiliki bulir superparamagnetik yang lebih tinggi dibandingkan area B. Tanah yang mengandung bulir superparamagnetik bersifat halus dan lebih mudah menyerap air. Penambahan massa tanah akibat air menjadikan tanah lebih mudah mengalami longsor apabila berada di lereng terjal.

Kata-kata kunci: Tanah longsor, susceptibilitas magnetik, bulir superparamagnetik.

Abstract

A research has been conducted to identified magnetic properties of soil in landslides area. Soil samples had taken in two areas, area A located in landslides area and area B has not experienced landslides. We have identify magnetic parameter based on magnetic susceptibility measurements in 0,46 kHz (χ_{LF}) and 4,6 kHz (χ_{HF}). The measurement results showed that the χ_{LF} value of area A is 345.2×10^{-8} m³/kg to 571×10^{-8} m³/kg and the value of χ_{LF} in area B is 332.3×10^{-8} m³/kg to 668.1×10^{-8} m³/kg. The range of magnetic susceptibility values show that the magnetic minerals contained in the samples are classified as ferrimagnetic minerals. Relative difference between χ_{LF} and χ_{HF} is known as frequency dependent susceptibility ($\chi_{FD}(\%)$). Calculated value of $\chi_{FD}(\%)$ in area A is about 2.65% to 3.33% and area B is 0.97% to 2.58%. The value of $\chi_{FD}(\%)$ indicates that area A contained more much superparamagnetic grains than area B. Soils that contain much superparamagnetic grains will be finer and easy to absorb water. The addition of soil mass by water could cause the soil more susceptible to landslide if located in steep slope.

Keywords: Landslides, magnetic susceptibility, superparamagnetic grain.

1. Pendahuluan

Tanah longsor merupakan salah satu bencana kebumihan yang bersifat destruktif akibat adanya pergerakan massa penyusun lereng menuruni atau keluar dari lereng [1]. Berdasarkan peta zona kerentanan gerakan tanah Provinsi Bandung oleh PVMBG (2014) [2], Kecamatan Pangalengan merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Barat

yang rentan mengalami longsor. Berdasarkan peta geologi lembar Garut-Pamengpeuk [3], jenis tanah di daerah Pangalengan merupakan sedimentasi gunungapi tua dan terdapat sesar normal yang mengindikasikan daerah ini merupakan zona lemah.

Metode kemagnetan merupakan metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat kemagnetan pada batuan dengan pengukuran parameter fisis magnetik batuan tersebut. Pengukuran

parameter fisis ini dapat berupa pengukuran susceptibilitas magnetik, remanensi magnetik, anisotropi susceptibilitas magnetik, dan kurva histeresis. Menurut Dearing (1999) [4], metode kemagnetan batuan merupakan metode yang bersifat tidak merusak (*non-destructive*) dengan peralatan lapangan yang tidak rumit.

Penerapan metode kemagnetan batuan dalam penelitian tanah longsor adalah mengidentifikasi sifat-sifat magnetik tanah, seperti Kosaka (2000) [5] melakukan evaluasi terhadap endapan tanah longsor di zona patahan Tsurukawa Jepang dengan pengukuran susceptibilitas magnetik secara *in situ*. Apriansyah (2014) [6] meneliti nilai susceptibilitas magnetik tanah di lokasi tanah yang mengalami longsor di Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat. Sutanto (2015) [7] mengidentifikasi ukuran bulir magnetik pada lokasi tanah longsor. Kemudian Ramdhani (2016) [8] mengamati perbedaan susceptibilitas magnetik tanah pada lereng yang terjal dan landai menggunakan metode kemagnetan batuan dan sifat fisis lainnya menggunakan analisis geoteknik. Penelitian-penelitian terdahulu ini mendorong dilakukannya penelitian untuk mengidentifikasi sifat magnetik tanah di lokasi tanah longsor dengan pengukuran parameter susceptibilitas magnetik tanah di lokasi penelitian. Identifikasi nilai susceptibilitas ini digunakan untuk mengetahui klasifikasi bahan magnetik yang terdapat dalam sampel dan mengetahui kerentanan pergerakan tanah berdasarkan perbedaan relatif pengukuran susceptibilitas magnetik.

Susceptibilitas magnetik merupakan ukuran dasar tentang bagaimana sifat kemagnetan suatu bahan yang ditunjukkan dengan adanya respon terhadap induksi medan magnet [9]. Susceptibilitas magnetik menunjukkan kerentanan suatu bahan termagnetisasi (\vec{M}) ketika diberikan medan magnet (\vec{H}), secara matematis dinyatakan dalam persamaan (1).

$$\vec{M} = \kappa \vec{H} \quad (1)$$

Dalam satuan SI, \vec{M} dan \vec{H} adalah sama A/m, jadi κ tidak berdimensi. Nilai κ merupakan susceptibilitas magnetik berbasis volum. Selain κ , susceptibilitas magnetik juga dinyatakan dalam susceptibilitas magnetik massa (χ). Hubungan antara susceptibilitas volum dan massa dinyatakan dalam persamaan (2).

$$\chi = \frac{\kappa}{\rho} \quad (2)$$

dengan ρ adalah densitas (kg/m^3). Satuan dari χ adalah m^3/kg .

Berdasarkan nilai susceptibilitas magnetik yang terukur, dapat diketahui klasifikasi bahan magnetik yang terkandung. Terdapat beberapa kelompok bahan magnetik, yaitu:

- Diamagnetik
Bahan ini ditandai dengan nilai susceptibilitas magnetik yang kecil dan bernilai negatif
- Paramagnetik
Nilai susceptibilitas magnetik bahan ini adalah kecil (kurang dari $10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$), namun bernilai positif.
- Ferromagnetik
Bahan ferromagnetik memiliki nilai susceptibilitas magnetik yang sangat besar.
- Ferrimagnetik
Bahan ini memiliki nilai susceptibilitas yang cukup besar, yaitu lebih besar dari $10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi tanah longsor yang terletak di Kecamatan Pangalengan. Terdapat beberapa tahap dalam penelitian ini, yaitu tahap pertama merupakan pengambilan sampel tanah. Sampel tanah diambil di dua area, area A merupakan area terdampak longsor dan area B merupakan area yang tidak mengalami longsor. Pada area A, sampel tanah yang diambil adalah sampel tanah permukaan dalam satu lintasan sepanjang 60 meter dengan jarak antar titik sampel adalah 10 meter, sehingga pada area A terdapat 7 sampel tanah permukaan. Pengambilan sampel di area B adalah pengambilan sampel permukaan dan sampel kedalaman menggunakan bor tangan (*coring*) pada satu lintasan sepanjang 60 meter. Jarak antar sampel permukaan adalah 10 meter, sedangkan jarak antar sampel *core* adalah 20 meter, sehingga terdapat 7 sampel tanah permukaan dan 4 titik *core* yang dicuplik tiap kedalaman 10 cm sehingga diperoleh 22 sampel *core*.

Setelah tahap pengambilan sampel, tahap selanjutnya adalah preparasi sampel. Sampel permukaan dan *core* dimasukkan ke dalam *holder* plastik berbentuk silinder dengan volum 10 cm^3 . Sampel yang sudah dimasukkan ke *holder* diukur massanya menggunakan neraca digital dengan ketelitian yang tinggi. Massa sampel diukur dengan mengukur massa *sample holder* yang sudah terisi sampel tanah dan *sample holder* kosongnya saja. Massa sampel adalah selisih dari keduanya.

Pengukuran susceptibilitas magnetik menggunakan alat Bartington MS2B yang dapat digunakan untuk mengukur dalam dua frekuensi, yaitu pada frekuensi rendah $0,46 \text{ kHz}$ (χ_{LF}) dan $4,6 \text{ kHz}$ untuk frekuensi tinggi (χ_{HF}). Pengukuran nilai susceptibilitas magnetik dalam dua frekuensi dimaksudkan untuk memperoleh nilai *frequency dependent susceptibility* ($\chi_{FD}(\%)$) dengan melakukan perhitungan sesuai persamaan (3).

$$\chi_{FD}(\%) = \frac{\chi_{LF} - \chi_{HF}}{\chi_{LF}} \times 100\% \quad (3)$$

Nilai $\chi_{FD}(\%)$ dapat digunakan untuk mengetahui kandungan bulir superparamagnetik yang terdapat dalam sampel. Semakin tinggi nilai $\chi_{FD}(\%)$, makin tinggi pula kandungan bulir superparamagnetiknya, namun nilai $\chi_{FD}(\%)$ yang lebih besar dari 14%

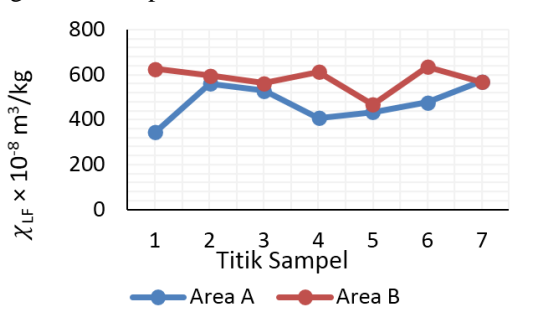
adalah sangat jarang dan sering dianggap kesalahan pengukuran. Menurut Dearing [1/4], secara semi-kuantitatif nilai $\chi_{FD}(\%)$ dapat diinterpretasikan seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Interpretasi nilai $\chi_{FD}(\%)$

Nilai $\chi_{FD}(\%)$	Keterangan
< 2.0 %	Tidak ada atau mengandung kurang dari 10 % bulir superparamagnetik
2.0 – 10.0 %	Campuran bulir superparamagnetik dan bulir non-superparamagnetik yang lebih kasar, atau bulir superparamagnetik berukuran <0,005 μm
10.0 – 14.0 %	Keseluruhan atau terdiri lebih dari 75 % bulir superparamagnetik

3. Hasil dan Pembahasan

Nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan area A berkisar antara $345,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $571 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Area B memiliki nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan yang rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan nilai suseptibilitas magnetik di area A, yaitu berada di rentang nilai $468,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $636,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Sementara nilai suseptibilitas magnetik tanah sampel *core* berada adalah $332,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ hingga $668,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai yang terukur ini tidak menunjukkan perbedaan suseptibilitas magnetik yang signifikan, hal ini diduga akibat jenis tanah yang sejenis. Gambar 1 menunjukkan perbandingan nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan dari area A dan area B.

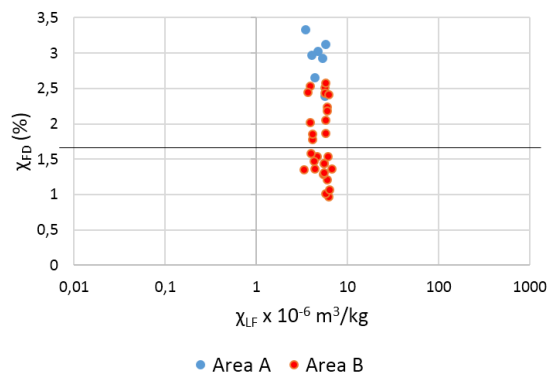


Gambar 1. Grafik nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan

Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik yang terukur, semua sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih besar dari $100 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah mengandung mineral ferrimagnetik. Tinggi atau rendahnya nilai suseptibilitas magnetik yang terukur dapat mengindikasikan kelimpahan jumlah mineral

ferrimagnetik yang terdapat dalam sampel. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa area B memiliki nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan area A. Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan mineral ferrimagnetik area B lebih tinggi dan sampel yang berasal dari area A bernilai lebih rendah diduga akibat telah tercampur dengan bahan-bahan organik ketika terjadi longsor. Bahan-bahan organik dapat mengurangi nilai suseptibilitas magnetik tanah karena tergolong dalam bahan diamagnetik.

Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan dalam dua frekuensi. Perbedaan relatif antara keduanya dapat diketahui sesuai persamaan (3). Berdasarkan daerah pengambilan sampel, $\chi_{FD}(\%)$ terbagi menjadi dua bagian yaitu, area A memiliki nilai $\chi_{FD}(\%)$ yang bernilai lebih besar dari 2%. Sampel tanah di area B memiliki $\chi_{FD}(\%)$ rata-rata yang lebih kecil dari 2%, berkisar antara 1% sampai 2,5%, seperti yang ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan nilai $\chi_{FD}(\%)$, sampel dari area A mengandung campuran bulir superparamagnetik dan non-superparamagnetik atau bulir superparamagnetik dengan ukuran bulir kurang dari $0,005 \mu\text{m}$. Tanah yang tidak mengalami longsor (area B) hanya memiliki bulir superparamagnetik kurang dari 10%. Tanah yang mengandung bulir superparamagnetik membuat tanah bersifat halus. Tanah yang halus akan lebih mudah menyerap air dan lebih cepat mengalami kejenuhan. Air yang terserap ke dalam tanah dan terakumulasi di atas bidang gelincir yang kedep dapat menyebabkan timbulnya gerak lateral pada lereng.



Gambar 2. Grafik $\chi_{FD}(\%)$ terhadap χ_{LF} sampel tanah permukaan dan core

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai suseptibilitas magnetik permukaan dan core yang terukur berada di rentang $332,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $668,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Kelompok mineral magnetik yang terkandung dalam sampel merupakan mineral ferrimagnetik dengan kelimpahan mineral yang lebih tinggi di area yang belum mengalami longsor dibandingkan dengan area yang merupakan material longsor. Penurunan nilai suseptibilitas magnetik setelah mengalami longsor diduga akibat tercampur bahan-bahan organik yang bersifat diamagnetik.
2. Berdasarkan perhitungan nilai $\chi_{FD}(\%)$, area yang merupakan material longsor memiliki nilai $\chi_{FD}(\%)$ yang lebih tinggi (lebih besar dari 2,5%) dibandingkan dengan area yang belum mengalami longsor (1% - 2,5%). Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang mengalami longsor mengandung lebih banyak bulir superparamagnetik sehingga bersifat lebih halus dibandingkan dengan tanah yang belum mengalami longsor. Tanah yang bersifat halus lebih rentan mengalami longsor apabila mengalami kejenuhan air di lereng yang terjal.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendukung pendanaan penelitian dan kepada Prof. Satria Bijaksana yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menggunakan fasilitas pengukuran.

Daftar Acuan

- [1] PVMBG, *Gerakan Tanah*. Bandung: Badan Geologi (2010)
- [2] PVMBG, *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat* (2014) (www.vsi.esdm.go.id, diakses tanggal 26 September 2015)
- [3] M. Alzwar, N. Akbar, S. Bachri, *Peta Geologi Lembar Garut dan Pamungpeuk, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (1992)
- [4] J. Dearing, 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*. Chi Publishing. England (1999).
- [5] K. Kosaka, *Evaluating Landslide Deposits Along the Tsurukawa Fault Zone, Japan, Using Magnetic Susceptibility*. Bull Eng Geol Env 58 (2000), pP. 179-182
- [6] A. Apriansyah, *Identifikasi Sifat Magnetik Tanah di Daerah Longsor*, Universitas Padjadjaran, Sumedang (2014)
- [7] O. Sutanto, *Sifat Magnetik dan Granulometri Tanah di Wilayah Berpotensi Longsor*, Universitas Padjadjaran, Sumedang (2015)
- [8] R. Ramdhani, *Identifikasi Sifat magnetik Tanah dan Analisis Geoteknik di Kawasan Berpotensi Longsor*, Universitas Padjadjaran, Sumedang (2016)
- [9] M.E. Evans, F. Heller, *Environmental Magnetism Principles and Applications of Enviromagnetics*. USA: Academic Press (2003)