

Karakteristik Magnetik Tanah pada Lahan Produksi Kakao dan Jambu Mete Menggunakan Metode Suseptibilitas Magnetik

Magnetic Characteristics of Soil in Cocoa and Cashew Production Fields Using the Magnetic Susceptibility Method

A. Arisona¹

¹Jurusan Teknik Geologi, FMIPA, Universitas Halu Oleo, Kendari Sulawesi Tenggara, Indonesia

Article history:

Received:

02 January 2023

Accepted:

08 August 2023

Keywords:

Magnetic susceptibility, pedogenesis, soil magnetic, paramagnetic.

Correspondent author:

arisona@uho.ac.id

Abstrak. Karakteristik magnetik tanah pada lahan dibawah tegakan pohon kakao dan jambu mete dilakukan dengan memvariasikan kedalaman. Penentuan magnetik tanah ini menggunakan metode suseptibilitas magnetik. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa karakteristik magnetik tanah di bawah tegakan pohon bergantung pada frekuensi (χ_{LF}) dan nilai suseptibilitas frekuensi dependen ($\chi_{FD} \%$) dengan peningkatan ke arah bagian atas profil tanah pada pohon kakao dan jambu mete. Kondisi ini menyebabkan pembentukan mineral yang lebih tinggi sebagai akibat dari perubahan ukuran butir lebih kecil hingga yang meningkat ke arah horizon bagian atas. Nilai suseptibilitas magnetik yang terukur menunjukkan bahwa karakteristik magnetik tanah dari kedua jenis pohon tersebut berkarakteristik Paramagnetik. Adanya perbedaan nilai suseptibilitas magnetik yang cenderung tinggi mengindikasikan bahwa kontribusi mineral-mineral superparamagnetik merupakan hasil dari proses pedogenesis

Abstract. Soil magnetic characteristics on land under stands of cacao and cashew trees were carried out by varying the depth. This soil magnetic determination uses the magnetic susceptibility method. The results indicated that the magnetic characteristics of the soil under tree stands depended on the frequency (χ_{LF}) and the frequency-dependent susceptibility value ($\chi_{FD} \%$) with an increase towards the top of the soil profile in cocoa and cashew trees. This condition causes the formation of higher minerals as a result of changes in the size of the smaller grains that increase towards the upper horizon. The measured magnetic susceptibility value shows that the soil magnetic characteristics of the two tree species are Paramagnetic. The difference in magnetic susceptibility values which tend to be high indicates that the contribution of superparamagnetic minerals is the result of the pedogenesis process.

1. PENDAHULUAN

Proses pembentukan tanah dan perkembangan profil tanah ditandai dengan perubahan nilai suseptibilitas magnetik (Agustine, 2015; Bijaksana, 2002; Safiuddin dkk, 2011). Suseptibilitas magnetik dapat digunakan untuk mengidentifikasi litologi dari material induk tanah, mengukur jumlah mineral magnetik dalam tanah (Maher, dkk.,2003; Amsar, 2016.) dan dapat juga digunakan untuk menggambarkan karakteristik magnetik suatu bahan (Nono, 2015).

Tanah sangat mendukung terhadap kehidupan tanaman yang menyediakan hara dan air di bumi. Dari segi klimatologi, tanah memegang peranan penting sebagai penyimpan air dan mencegah terjadinya erosi (Syaf,2021). Secara fisik tanah berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran penopang tegak tumbuhnya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan udara. Tanah memiliki struktur yang berongga-rongga sehingga memudahkan akar untuk tumbuh dan bernafas. Tanah juga mempunyai mineral magnetik diantaranya adalah oksida besi, seperti *magnetite* dan *maghemite*.

Menurut Bijaksana, 2002 dalam penelitian menyatakan bahwa mineral-mineral alamiah selalu ada pada batuan, tanah, atau endapan sedimen, meskipun secara kuantitatif kelimpahannya cukup kecil yaitu sekitar 0.1 % dari massa total batuan atau endapan. Mineral magnetik ini memiliki karakteristik ,

jenis dan morfologi yang beragam bergantung pada sumbernya, mineral magnetik yang paling penting terdapat pada tanah adalah oksida besi, seperti magnetite dan maghemite. Pada tanah yang tidak dipengaruhi oleh polusi, maka sumber utama dari mineral-mineral magnetik yang dikandungnya berasal dari material induk melalui proses pedogenesis dan proses pembentukan tanah lainnya.

Studi ini di fokuskan pada karakteristik mineral magnetik tanah di bawah tegakan pohon Kakao dan Jambu mete, dengan tujuan untuk memberikan pemahaman atau informasi mengenai kondisi tanah yang berada di bawah tegakan pohon. Studi magnetik tanah pada umumnya menggunakan metode suseptibilitas magnetik, karena metode ini *simple* dan *non-invasive*.

2. KAJIAN TEORI

2.1. Metode Magnetik

Metode magnetik dalam aplikasi geofisika tergantung pada pengukuran yang akurat dari anomali medan geomagnet lokal yang dihasilkan oleh variasi intensitas magnetisasi dalam formasi batuan (Safiuddin dkk, 2021). Intensitas magnetik pada batuan sebagian disebabkan oleh induksi dari magnet bumi dan yang lain oleh adanya magnetisasi permanen. Intensitas dari induksi geomagnet akan bergantung pada suseptibilitas magnetik bantuannya dan gaya magnetnya, serta intensitas permanennya pada sejarah geologi batu tersebut (Fristy, 2012).

Metode magnetik digunakan dalam menentukan karakteristik kemagnetan pada batuan dengan kontras magnetisasi dari batuan bawah permukaan. Selain itu, mengukur variasi medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi.

Pengukuran parameter fisis magnetik batuan tersebut dapat berupa pengukuran suseptibilitas magnetik, remanensi magnetik, anisotropi suseptibilitas magnetik, dan kurva histeresis. Menurut Dearing (1999), metode kemagnetan batuan merupakan metode yang berkarakteristik tidak merusak (*non-destructive*) dengan peralatan lapangan yang tidak rumit).

2.2. Karakteristik Magnetik pada Bahan

Magnetisasi pada bahan umumnya bergantung pada medan magnetik, namun terdapat sebagian kecil bahan yang dapat

memiliki magnetisasi secara spontan tanpa kehadiran medan magnet luar. Magnetisasi yang dimiliki oleh bahan dapat disebabkan oleh dua hal yakni magnetisasi yang hanya ada jika ada medan magnet luar yang mempengaruhinya (magnetisasi induksi) dan magnetisasi yang ada walaupun medan magnet luar ditiadakan (magnetisasi remanen). Magnetisasi pada dasarnya adalah momen yang ditimbulkan oleh gerakan orbital spin sebuah elektron dan interaksi elektron tersebut dengan elektron-elektron lainnya.

Berdasarkan respon material terhadap medan magnet yang diberikan, material diklasifikasikan menjadi diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik (Dunlop, 1997).

Setiap mineral magnetik memiliki nilai suseptibilitas yang berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan nilai suseptibilitas untuk beberapa mineral magnetik dan mineral non magnetik.

Tabel 1. Suseptibilitas Magnetik dari Berbagai Mineral (Dearing, 1999)

Tipe Mineral	Formula	$\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$
Diamagnetik		
Kuarsa	SiO_2	-0,5- -0,6
Kalsit	CaCO_2	-0,3 - -1,4
Air	H_2O	-0,9
Halite	NaCl	-0,48- -0,75
Paramagnetik		
Pirit	FeS_2	1-100
Ilmenit	FeTiO_3	100-113
Biotit	Mg,Fe,Al silikat	5-95
Ferromagnetic		
Besi	Fe	27600000
Kobal	Co	20400000

Tipe Mineral	Formula	x 10 ⁻⁸ m ³ /kg)
Nikel	Ni	6885000
Ferrimagnetik		
Magnetit	Fe ₃ O ₄	20000-110000
Maghemit	Fe ₂ O ₃	40000-110000
Titanomagnetit	Fe ₃ O ₄ – FeTiO ₄	2500-12000
Titanomaghemit	Fe ₂ O ₃ – FeTiO ₃	57000
Pyrrhotite	Fe ₇ S ₈	69000
(canted) antiferromagnetik		
Hematite	Fe ₂ O ₃	10-760
Geoti	FeOOH	26-280

2.3. Konsep Dasar Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik adalah salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Kemudahan suatu benda magnetik untuk termagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan χ yang dirumuskan dengan persamaan:

$$M = \chi H \dots (1)$$

Suseptibilitas dalam satuan SI dan emu dinyatakan dengan persamaan : $\chi = 4\pi \chi'$ χ adalah suseptibilitas magnetik dalam satuan SI dan χ' adalah suseptibilitas magnetik dalam satuan emu (Syirojudin, 2010). Persamaan (1) menunjukkan bahwa untuk M dan H yang sejajar dan sebanding, suseptibilitas magnetik merupakan suatu besaran skalar (Butler,1992). Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu benda. Nilai suseptibilitas magnetik untuk setiap bahan berbeda-beda, hal ini bergantung dengan jenis bahan. Suseptibilitas magnetik ini akan menentukan karakteristik magnetik pada setiap bahan. Harga χ pada batuan semakin besar apabila dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang berkarakteristik

magnetik. Berdasarkan harga suseptibilitas χ , benda-benda magnetik dapat digolongkan menjadi diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetic, antiferromagnetik, dan ferromagnetik (Rosanti, 2012).

Suseptibilitas magnetik secara umum mencerminkan karakteristik dan intensitas dari respon bahan saat dikenakan medan magnetik dari luar. Suseptibilitas magnetik pada dasarnya bergantung dari konsentrasi mineral magnetik, komposisi mineral magnetik, ukuran dan bentuk bulir (*grain*), serta domain (Dearing, 1999).

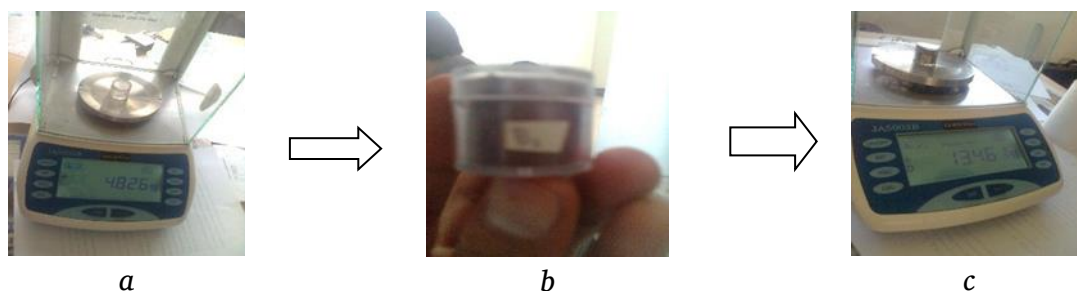
Pada tanah yang stabil, suseptibilitas magnetik meningkat secara bertahap dari dalam ke permukaan tanah. Pada tanah lapisan atas memiliki suseptibilitas magnetik yang tinggi (Boadi, dkk., 2014)

3. METODE PENELITIAN

Studi karakteristik magnetik tanah dari sampel di bawah tegakan pohon kakao dan jambu mete, menggunakan *susceptibilitymeter MS2* dan sensor *MS2B*. Sampel yang diambil secara acak dengan bervariasi kedalaman sampel yaitu : dari 0 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 75 cm, 90 cm dan 105 cm. Selanjutnya dilakukan penimbangan untuk mengetahui massa holder sebelum dan

sesudah dimasukan tanah. Adapun proses perlakuan mengikuti langkah-langkah

dengan prosedur sebagai berikut (Gbr 1).



Gambar 1 a. Menimbang massa holder b. Holde telah dimasukan tanah c. Menimbang holder yang telah dimaskukan tanah.



Gambar 2. Alat Pengukur *Bartington MS2 Suseptibility meter* yang dilengkapi dengan Sensor MS2B.

Tahap pengukuran suseptibilitas, menggunakan Bartington MS2 suseptibility meter yang dilengkapi dengan sensor MS2B (Gbr 2). Prinsip dari alat ini memanfaatkan sirkuit elektromagnetik yang berfungsi mendeteksi perubahan induktansi ketika sampel ditempatkan di dalam kumparan tersebut. Sensor MS2B bekerja pada dua frekuensi yang berbeda yaitu frekuensi rendah sebesar 0,47 kHz dan Frekuensi tinggi sebesar 4,7 kHz.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengukuran suseptibilitas sampel dalam penelitian ini adalah:

- a) Melakukan kalibrasi nilai suseptibitas magnetik.
- b) Memasukan sampel kalibrasi kedalam kotak sampel yang terdapat dalam sensor MS2B dengan posisi sampel tegak lurus.
- c) Mencatat nilai suseptibilitas sampel yang nilainya terbaca dikomputer.
- d) Apabila nilai suseptibilitas magnetik sampel telah sesuai dengan nilai sesungguhnya maka selanjutnya dilakukan pengukuran sampel

berikutnya dengan langkah-langkah seperti pengukuran sampel di atas.

- e) Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali, dimana komputer akan menghitung secara langsung nilai rata-rata dan standar deviasi dari setiap sampel

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

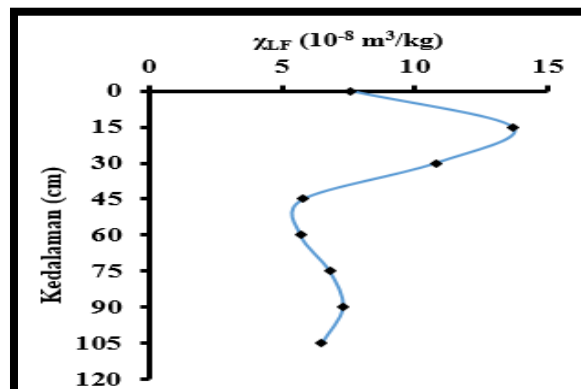
Hasil pengukuran suseptibitas magnetik pada sampel yang diambil dari empat titik sampel yang berbeda di bawah tegakan pohon kakao dan jambu mete yaitu nilai dari hasil pengukuran suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (χ_{LF}), frekuensi tinggi (χ_{HF}) dan frekuensi *dependent* (χ_{FD}). Adapun distribusi nilai suseptibilitas magnetik (χ_{LF} , χ_{HF} , χ_{FD}) dapat dilihat pada gambar grafik 3,4,5,6 dan 7.

4.2. Pembahasan

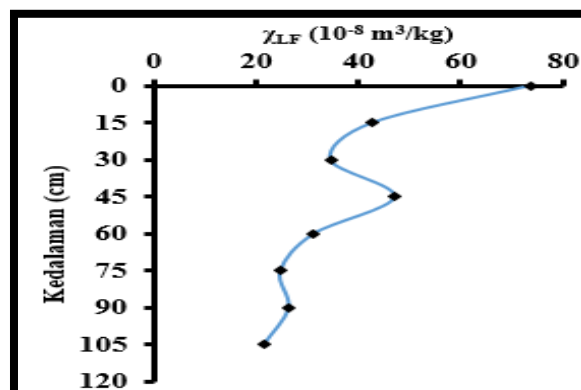
Berdasarkan hasil dari pengukuran suseptibilitas magnetik tanah yang dilakukan dengan 2 (dua) variasi frekuensi yaitu frekuensi rendah (χ_{LF}) dan frekuensi tinggi (χ_{HF}), sehingga dari hasil pengukuran tersebut maka dapat ditentukan nilai suseptibilitas bergantung frekuensi (χ_{FD}) pada sampel yang diambil di bawah tegakan pohon kakao dan jambu mete.

Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik memiliki variasi nilai yang berbeda-beda terhadap kedalaman. Dapat dilihat pada Gbr. 3 dan Gbr. 4 yang menunjukkan variasi nilai-nilai suseptibilitas magnetik (χ_{LF}) terhadap kedalaman pada pohon kakao dan jambu mete. Seperti yang terlihat pada Gbr 5 dan 6, dimana variasi nilai-nilai suseptibilitas

magnetik pada setiap kedalaman cenderung meningkat ke arah bagian atas profil tanah dan selanjutnya menurun dengan bertambahnya kedalaman.

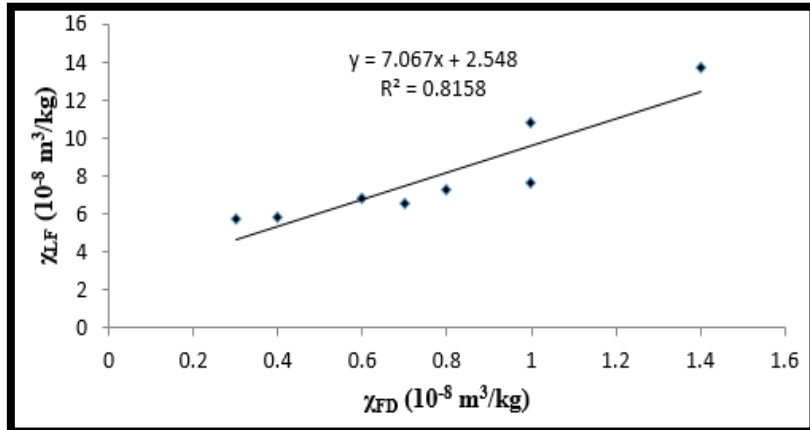


Gambar 3. Perbandingan nilai suseptibilitas magnetik yang dihitung dengan frekuensi 470 Hz terhadap kedalaman pada kakao.

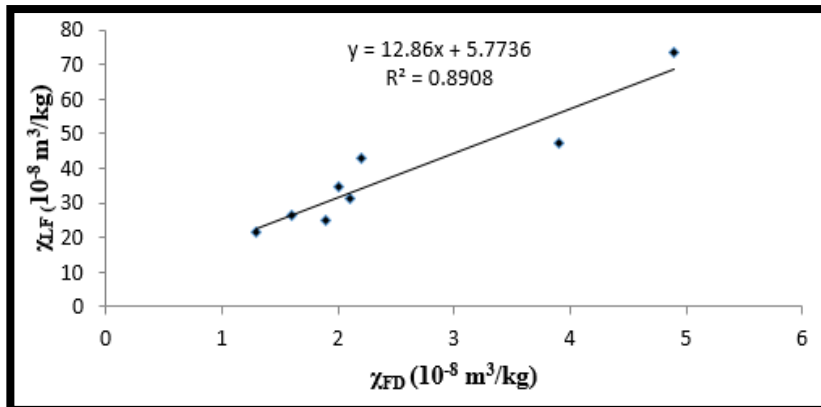


Gambar 4. Perbandingan nilai suseptibilitas magnetik yang dihitung dengan frekuensi 470 Hz terhadap kedalaman pada pohon jambu mete.

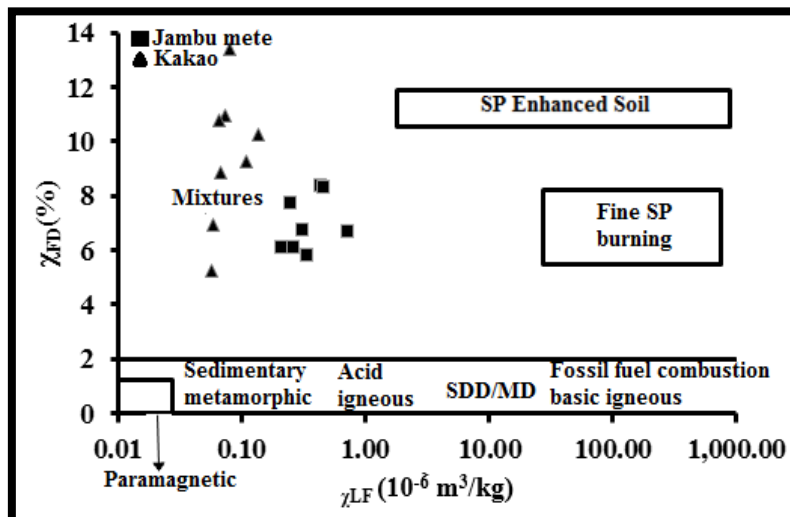
Peningkatan nilai-nilai suseptibilitas magnetik (χ_{LF}) tersebut diduga karena adanya kehadiran mineral-mineral magnetik pada bagian atas profil (Safiuddin al. ,2011; jahidin, 2012). Namun terdapat pula variasi nilai-nilai suseptibilitas magnetik (χ_{LF}) yang cenderung menurun pada bagian bawah profil. Hal ini disebabkan kemungkinan berkaitan dengan bahan induk tanah (Van Dam, 2008).



Gambar 5. Perbandingan χ_{LF} dengan χ_{FD} tanah pada pohon Kakao.



Gambar 6. Perbandingan χ_{LF} dengan χ_{FD} tanah pada pohon Jambu mete



Gambar 7. Scattergram Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Pohon Jambu Mete dan Kakao

Nilai suseptibilitas magnetik (χ_{LF}) pada pohon kakao berkisar antara $5.7 \times 10^{-8} m^3 / kg$ sampai $13.7 \times 10^{-8} m^3 / kg$

dengan nilai χ_{FD} (%) dalam rentang < 13.16%. Nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi pada lapisan bagian atas profil tanah menginformasikan adanya pengayaan

mineral-mineral dengan karakteristik magnetik yang tinggi (Jahidin,2012). Suseptibilitas magnetik pada dasarnya bergantung pada konsentrasi mineral magnetik, ukuran, dan bentuk bulir (Dearing,1999). Pada mineral magnetik, semakin besar kandungan mineral magnetik yang ditambahkan maka nilai suseptibilitas magnetiknya juga semakin meningkat (Safiuddin et al.,2011).

Nilai pengukuran suseptibilitas magnetik (χ_{LF}) pada pohon jambu mete berkisar antara $21.5 \times 10^{-8} m^3 / kg$ sampai $73.6 \times 10^{-8} m^3 / kg$ dengan nilai χ_{FD} (%) dalam rentang $< 10.05\%$. Hal ini menunjukkan adanya pengayaan mineral magnetik pada lapisan atas dan terjadi peningkatan χ_{FD} pada lapisan bawah disebabkan oleh konsentrasi bulir meningkat dalam sampel tersebut. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik disebabkan oleh kandungan unsur yang berasal dari batuan aslinya yang belum mengalami proses pelapukan.

Untuk mengetahui bentuk bulir dan sumber mineral magnetik yang mempengaruhi variasi nilai suseptibilitas magnetik diekspresikan berdasarkan hasil korelasi antara χ_{LF} dengan χ_{FD} % pada Gbr 7 (Dearing,1999). Presentase suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi (χ_{FD} %) pada umumnya digunakan untuk mendeteksi mineral superparamagnetik (SP) dalam tanah.

Secara umum, dari kedua pohon yang di ambil dari tanah yang berbeda menunjukkan bahwa mineral-mineral yang terkandung pada tanah yang dianalisis kemungkinan

hasil dari proses pedogenesis tanah. Dimana hasil yang diperoleh dari hubungan antara χ_{LF} dengan χ_{FD} % pada pohon jambu mete dan pohon kakao seperti yang terlihat pada gambar 4.3 dan 4.4 hasil yang diperoleh cenderung linear pada setiap pohon dengan koefisien determinan sebesar 0.8908 dan 0.8158. Nilai suseptibilitas magnetik χ_{LF} dengan χ_{FD} % berdasarkan hasil Scattergram yang diperoleh menunjukkan bahwa sampel yang diambil dibawah tegakan pohon jambu mete dan kakao lebih didominasi oleh bulir-buir mineral magnetik yang berasal dari sedimen batuan metamorf. Menurut Kanu dkk., (2014) korelasi linear menunjukkan bahwa mineral-mineral magnetik yang terkandung dalam sampel tanah dihasilkan dari proses pedogenesis atau proses pembentukan tanah. Hubungan linear juga mengindikasikan tingginya homogenitas mineral magnetik dalam tanah (Luo et al, 2000).

Dari hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dari kedua jenis pohon ini yang terlihat pada masing-masing gambar di atas tidak memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang sama. Namun menunjukkan perbedaan variasi nilai suseptibilitas magnetik yang mengalami peningkatan dan penurunan ke arah bagian atas profil tanah dan ke arah bagian bawah profil tanah . Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh terhadap pohon yang berbeda sehingga akan mempengaruhi pembentukan kandungan unsur-unsur dalam tanah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan pembahasan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa

hasil pengukuran suseptibilitas magnetik memiliki variasi yang berbeda-beda dari kedua jenis pohon yang diambil dari tanah yang berbeda. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik (χ_{FD} %) menunjukkan bahwa tanah yang diambil di bawah tegakan pohon kakao dan jambu mete berkarakteristik paramagnetik. Adanya perbedaan nilai suseptibilitas magnetik yang cenderung tinggi mengekspresikan bahwa kontribusi mineral-mineral superparamagnetik sebagai hasil dari proses pedogenesis

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat mengapresiasi atas dukungan dan bantuan staf laboratorium, rekan sejawat dan mahasiswa, yang telah memberikan bantuan, dukungan arahan dan koreksi dalam publikasi ini

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, E. (2015). *Kajian Suseptibilitas Magnetik dan Konduktivitas Listrik Pada Tanah Vulkanik yang Terpapar Pestisida Organochlorin*. Disertasi Doktor ITB Bandung.
- Amsar. 2016. *Analisis Karakteristik Magnetik Campuran Ekstrak Pasir Besi Dengan Arang Aktif Kulit Biji Mete*. Skripsi. FKIP. Universitas Halu Oleo.
- Bijaksana, S. 2002. *Analisa Moneral Magnetik dalam Masalah Lingkungan*, Jurnal Geofisika. Himpunan Ahli Geofisika (HAGI), Bandung.
- Boadi, Richard Kena, dkk. 2014. *Statistical Analysis of Ghanaian Students Attitude and Interest Towards Learning Mathematics*. International Journal of Education and Search.
- Butler, R.F. 1992. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Blackwell Scientific Publications. Boston
- Dearing, J. 1999. *Eviromental Magnetic Suseptibility, Using the Bartington MS2 System*, British Library Cataloguing in Publication Data 36-41.
- Dunlop. 1997. *Rock Magnetism Fundamentals and Frontiers*. Cambridge University Press, New York. USA
- Jahidin. 2005. *Karakterisasi Karakteristik Magnetik Mineral Magnetik Limbah Tambang Feronikel PT. Aneka Tambang Pomalaa Sulawesi Tenggara*. Skripsi. FMIPA:Universitas Halu Oleo.
- Kanu M. O., C., and Oniku S. A. 2014. *Comparative Study Of Top Soil Magnetic Susceptibility Variation Based On Some Human Activities*. *Journal Geofisica Internacional*. 53-4: 411-423.
- Fristy, L. 2012. *Identifikasi Anomali Magnetik Di daerah Prospek Panas Bumi Arjuna-Welirang*. UI: Depok.
- Luo, W., Dongsheng, L., Houyuan, L. 2000. *Magnetic Susceptibility Properties Of Polluted Soils*. *Chinese Science Bulletin* 45, No 18.
- Maher B.A., Meng Yu H., Roberts H.M. and Wintle A.G. 2003. *Holocene Loess Accumulation And Soil Development At The Western Edge Of The Chinese Loess Plateau: Implications For Magnetic Proxies Of Paleorainfall*. *Quat. Sci. Rev.*, 22: 445-451.
- Nono. 2015. *Studi Karakteristik Magnetik Tanah Di Bawah Tegakan Pohon (Studi Kasus) Pada Kompleks Ultramafik Di Kecamatan Wawonii Tenggara Kabupaten*

- Konawe Kepulauan*. Skripsi. FKIP: Universitas Halu Oleo.
- Rosanti, D. F. 2012. Korelasi antara Suseptibilitas Magnetik dengan Unsur Logam Berat pada Sekuensi Tanah di Pujon Malang: Universitas Negeri Malang.
- Safiuddin, L. 2011. *A Preliminary Study of the Magnetic Properties on Laterite Soil as Indicators of Pedogenic Processes*, Latinmag letters, 1 (1). 1-15
- Syirojudin, M. 2010. Penentuan Karakteristik Sesar Cimandiri Segmen Pelabuhan Ratu-Citarik Dengan Metode Magnet Bumi: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Syaf, H., Kilowasid, L. M. H., Karim, J., Arimbawa, P., & Samai, Y. Z. S. (2021). Analysis of Spatial Patterns of Smallholder Cocoa Plants in the Mondohe Mountain Area in East Kolaka Regency. *Nveo-Natural Volatiles & Essential Oils Journal Nveo*, 1089-1097.
- Van Dam, R. L. 2008. *Mineralogy And Magnetic Properties Of Basaltic Substrate Soils*, *Soil Science Society Of Amerika Journal*, 72, 244-257