



Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Perkebunan Apel di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang

Rikardus Feribertus Nikat¹, Ninik Munfarikha¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Musamus Merauke

Email: nikat_fkip@unmus.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai suseptibilitas magnetik tanah perkebunan apel guna mengetahui nilai magnetik sebagai representasi kandungan logam berat pada permukaan tanah akibat residu pestisida. Penggunaan pestisida selama musim panen didominasi oleh fungisida yang mengandung logam berat berupa pb, Fe, V, Sr, Al, Cr, Ti. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel di sembilan titik yang sudah ditentukan. Setiap sampel diambil dari permukaan tanah dengan variasi kedalaman 10 cm, 20 cm dan 30 cm. Jumlah keseluruhan sampel sebanyak 42 sampel dan diuji nilai suseptibilitas magnetik di *lab central* Universitas Negeri Malang. Nilai rata-rata suseptibilitas magnetik frekuensi rendah permassa χ_{LF} sebesar $673,642 \times 10^{-8} m^3/kg$, nilai rata-rata suseptibilitas magnetik frekuensi tinggi permassa χ_{HF} sebesar $649,0473 \times 10^{-8} m^3/kg$. Rata-rata nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi χ_{FD} permassa sebesar 2,04%. Permukaan tanah perkebunan mengandung mineral feromagnetik konsentrasi tinggi berupa magnetite dan manghemite dengan properti butir berupa *multi domain* (MD) dan super *paramagnetik* (SP). Butir tersebut sesuai dengan yang didapatkan pada kandungan logam berat pada tanah perkebunan sawit.

Kata kunci: Perkebunan Apel, Suseptibilitas Magnetik, Tanah.

Abstract

This research aims to analyze the magnetic susceptibility value of apple plantation soil to determine the magnetic value as a representation of the heavy metal content on the soil surface due to pesticide residues. The use of pesticides during the harvest season is dominated by fungicides containing heavy metals in the form of PB, Fe, V, Sr, Al, Cr, Ti. This research was carried out by taking samples at nine predetermined points. Each sample was taken from the ground surface at varying depths of 10 cm, 20 cm, and 30 cm. The total number of samples was as large as samples and tested for magnetic susceptibility values at the central laboratory of the State University of Malang. The average value of low-frequency magnetic susceptibility per mass χ_{LF} is $673,642 \times 10^{-8} m^3/kg$, and the average value of high-frequency magnetic susceptibility per mass χ_{HF} is $649,0473 \times 10^{-8} m^3/kg$. The average frequency-dependent magnetic susceptibility value χ_{FD} permass is 2,04% The surface soil of plantations contains high concentrations of ferrimagnetic minerals in the form of magnetite and maghemite with grain properties in the form of multi-domain (MD) and superparamagnetic (SP). These points are in accordance with those obtained for the heavy metal content in oil palm plantation soil.

Keywords: Apple Plantation, Magnetic Susceptibility, Soil.

1. PENDAHULUAN

Malang merupakan salah satu daerah di Indonesia yang terkenal sebagai penghasil apel di Indonesia. Salah satu daerah penghasil apel di Kabupaten Malang adalah Kecamatan Pujon khususnya Desa Bengkaras. Letaknya yang berada pada dataran tinggi serta suhunya yang cukup sejuk sangat mendukung untuk perkebunan apel yang membutuhkan udara sejuk untuk tumbuh dan berkembang. Pohon apel memiliki durasi masa produktif yang cukup panjang yakni sekitar 17 sampai dengan 21 tahun. Selama itu pula penggunaan pestisida rutin dilakukan dalam dua kali selama satu minggu untuk membantu menyuburkan tanaman serta membasmi hama dan penyakit yang mengancam kesuburan pohon-pohon apel tersebut. Penyemprotan pestisida selama bertahun-tahun tentunya akan meninggalkan residu logam berat berupa Pb, Fe, V, Sr, Al, Cr, Ti yang terkumpul pada permukaan tanah serta kerusakan pada struktur mineral [1], suhu ekspansi normal tanah [2] dan mikrorngnisme alami dalam tanah [3], [4]. Kumpulan logam berat ini dalam jangka panjang akan berimbas pada iklim [5] dan pencemaran lingkungan daerah sekitar [6], [7].

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Hutaauruk (2020) ditemukan bahwa pencemaran tanah oleh logam berat pada daerah perkebunan berasal dari aktivitas pestisida dalam jangka panjang dengan mineral cemar Fe, V, Sr, Al, Cr, dan Ti [18]. Pengukuran residu pestisida biasanya dilakukan dengan pengukuran sifat kimia yang dibawa oleh material uji. Namun, seiring dengan perkembangan ilmu geofisika, beberapa metode geofisika telah dikembangkan untuk mengukur sifat fisis tanah pertanian dalam *geophysics for agriculture* [8]. Beberapa metode tersebut diantaranya adalah metode resistivitas [9], gravitasi [10], georadar dan geomagnet [11]. Akan tetapi, metode-metode geofisika tersebut membutuhkan biaya tinggi serta membutuhkan waktu dan juga tenaga lebih di lapangan. Sehingga, satu metode pengukuran kemagnetan batuan dianggap lebih efektif untuk dilakukan guna mengidentifikasi residu pestisida berupa logam berat yang direpresentasikan oleh nilai suseptibilitas magnetik [12], [13]. Metode ini relatif murah, cepat dan tidak merusak bila dibandingkan dengan metode geofisika yang lain [14]. Suseptibilitas magnetik digunakan untuk mengidentifikasi tipe mineral dan jumlah besi yang dibawa oleh material sebagai indikator keberadaan logam berat dalam tanah maupun unsur-unsur lain yang memiliki kecenderungan berkontribusi pada pencemaran tanah [15]. Keberadaan mineral magnetik merupakan hasil dari proses oksidasi besi yang secara alami dialami oleh tanah (*lithogenic origin*) dan aktifitas manusia termasuk polusi (*anthropogenic activities*) [16], [17]. Selain memberikan informasi mengenai keberadaan mineral magnetik di dalam sampel uji, pengukuran ini juga mengukur konsentrasi kristal magnetik serta nilai suseptibilitas magnetik pada tanah diakibatkan oleh kehadiran mineral ferrimagnetik yang secara umum mewakili oksidasi besi dalam tanah. Terlebih lagi, nilai suseptibilitas magnetik mempengaruhi ukuran kristal domain magnetik dimana hal ini akan berimbas pada bentuk domain magnetik.

Nilai suseptibilitas bergantung frekuensi merepresentasikan ukuran kristal domain magnet dimana, untuk ukuran lebih kecil dari 0,2 mikro meter hanya berbentuk *stable single domain* (SSD) sedangkan untuk ukuran kurang dari 0,03 mikro meter berupa butiran *ultrafine* yang memiliki perilaku *Super Paramagnetic* (SP). Nilai suseptibilitas magnetik dalam butiran *ultrafine* cenderung kuat namun energi termalnya secara cepat menetralkan induksi magnet setelah medan eksternal ditiadakan. Perilaku spesifik partikel magnetik yang mendekati batas *ultrafine* bergantung pada frekuensi medan magnet: pada medan magnet

frekuensi rendah, butir magnet berperilaku sebagai SP namun, dalam medan magnet frekuensi tinggi butir magnet berperilaku sebagai SSD sehingga, kehadiran material SP dapat diidentifikasi dengan menentukan nilai suseptibilitas bergantung frekuensi. Sampel dengan nilai XFD kurang dari 2% secara virtual tidak ada butir SP namun untuk nilai kurang dari 10% didominasi oleh butir SP. Selain itu, pemetaan suseptibilitas magnetik perlu dilakukan untuk mengetahui pola sebaran mineral magnetik yang terkandung pada permukaan tanah perkebunan.

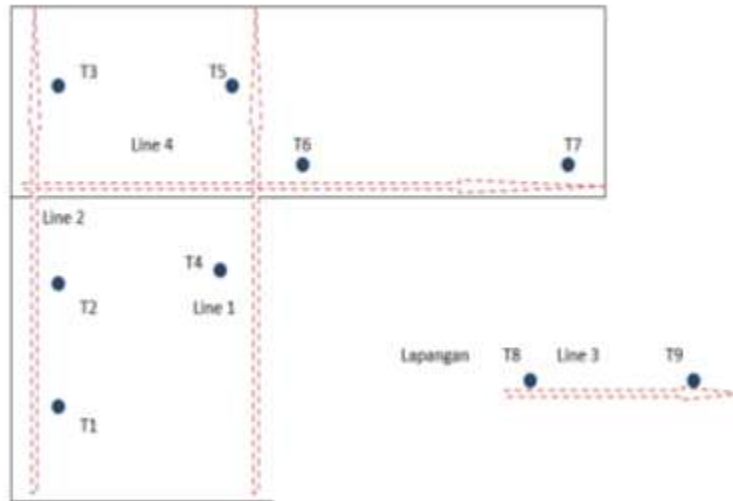
2.METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada perkebunan apel Dusun Madiredo Pujon Desa Bengkaras Kabupaten Malang pada lahan seluas 1800 m². Berikut gambar 1 lahan pengambilan sampel. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur suseptibilitas magnetik tanah menggunakan Susceptibility Meter (SM).



Gambar 1. Gambar Lahan Penelitian

Berikut adalah denah pengambilan sampel ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Denah pengambilan sampel

Sampel ditentukan dengan titik-titik pengambilan sampel berupa T1 sampai dengan T9 (titik 1 sampai dengan titik 9) dan setiap titik diambil dari dua sisi yakni K1 dan K2 (kedalaman 1 dan kedalaman 2). Masing-masing sampel diambil dengan variasi kedalaman permukaan, L1= 10 cm, L2= 20 cm, dan L3= 30 cm (L= variasi lapisan kedalaman setiap sisi). Pengambilan sampel uji tidak dianalisis dengan dikelompokkan sesuai *line* penelitian melainkan dianalisis secara akumulatif untuk merepresentasikan hasil penelitian. Keseluruhan sampel yang berjumlah 42 sampel diuji nilai suseptibilitas magnetiknya di laboratorium fisika Universitas Negeri Malang dengan Bartington Suseptibility Meter.

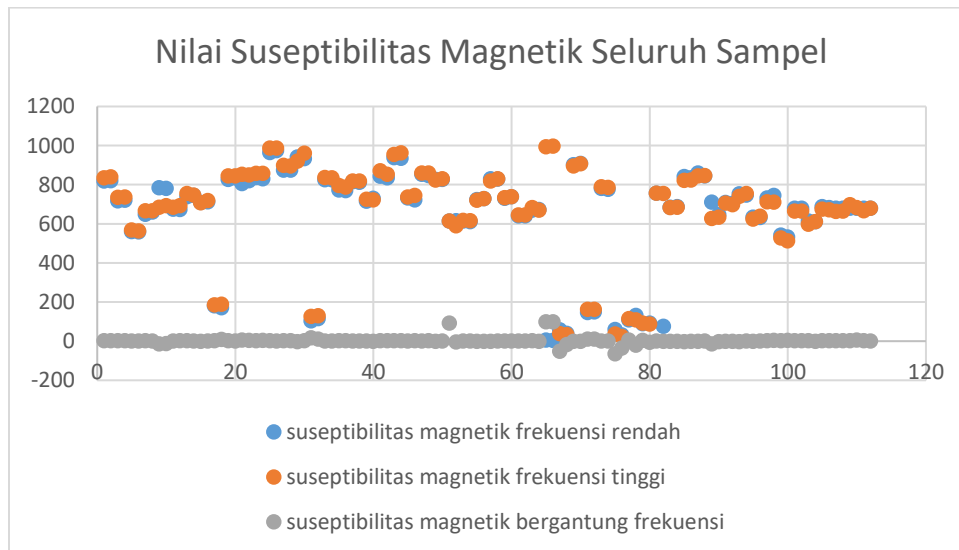
Sampel uji dilabel dengan TKL1 (titik 1, kedalaman 1, lapisan 1), TKL2 (titik 2 kedalaman 2 lapisan 2) dan seterusnya. Pengukuran suseptibilitas magnetik diukur pada frekuensi rendah yakni dengan frekuensi 0,47 kHz dan frekuensi tinggi yakni dengan frekuensi 4,7 kHz. Kemudian dari nilai suseptibilitas tinggi dan rendah setiap sampel akan diperoleh nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi (χ_{FD}). Nilai χ_{FD} digunakan untuk mengetahui sifat properti yang dibawa oleh butir magnet dengan nilai dalam bentuk persentase.

$$\chi_{FD} (\%) = \left(\frac{\chi_{LF} - \chi_{HF}}{\chi_{LF}} \right) \times 100 \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan data suseptibilitas magnetik diambil untuk setiap sampel berupa nilai suseptibilitas magnetik frekuensi rendah (χ_{LF}), frekuensi tinggi (χ_{HF}) dan suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi (χ_{FD}). Nilai suseptibilitas magnetik frekuensi rendah (χ_{LF}) berada pada rentang (5,35 -969,15) X 10⁻⁸m³/kg dan nilai rata-rata untuk seluruh sampel adalah 649,0473 X 10⁻⁸m³/kg. Hasil ini lebih besar bila dibandingkan dengan nilai suseptibilitas magnetik di perkebunan sawit riau sebesar 121,323 X 10⁻⁸kg/m³[19] dan lembah gumanti, solok sebesar 281 X 10⁻⁸m³/kg [20]. Nilai suseptibilitas magnetik dalam tanah diklasifikasikan dalam tiga kategori [21] yaitu: normal untuk $\chi_{LF} <$

$10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{kg}$, menengah untuk χ_{LF} $10 - 100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{kg}$ dan tinggi dengan $\chi_{LF} > 100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{kg}$. Berdasarkan klasifikasi tersebut, lebih dari 50% sampel termasuk dalam kategori secara magnetik tinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa terdapat mineral ferimagnetik dengan konsentrasi tinggi berupa *magnetite/manghemite*. Tingginya nilai Nilai χ_{LF} pada permukaan tanah perkebunan apel dikarenakan aktivitas *anthropogenic* berupa residu pestisida. pengukuran susceptibilitas magnetik frekuensi tinggi (χ_{HF}) berada pada rentang $(30- 969,15) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai susceptibilitas rata-rata untuk seluruh sampel adalah $673,642 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pengukuran susceptibilitas magnetik bergantung frekuensi (*frequency deppendent*) χ_{FD} secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata sebesar 2,04% yang berarti butir magnetite/manghemite berperilaku sebagai *multi domain grains* dan *super paramagnetic grains*. Nilai tersebut sama dengan nilai yang didapatkan pada penelitian di Riau [19] dan Solok [20] dengan nilai χ_{FD} rata-rata sebesar 2%. Gambar 3 berikut merupakan nilai susceptibilitas magnetik pada tanah perkebunan apel.

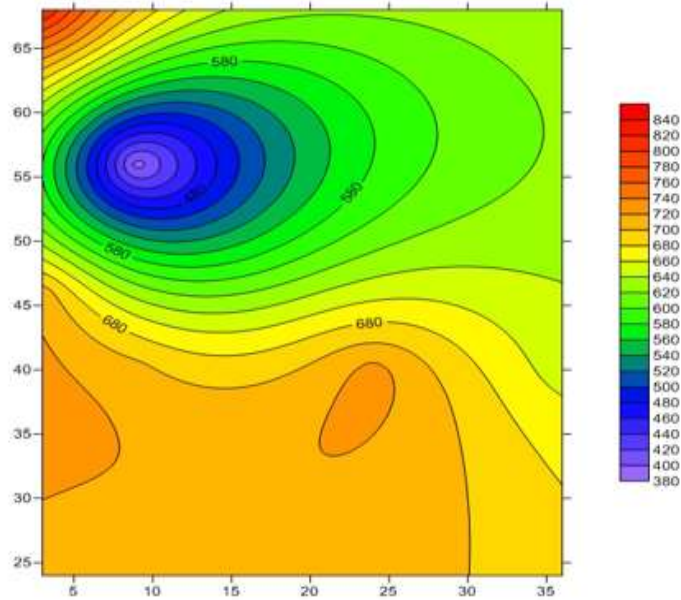


Gambar 3. Nilai susceptibilitas magnetik seluruh sampel.

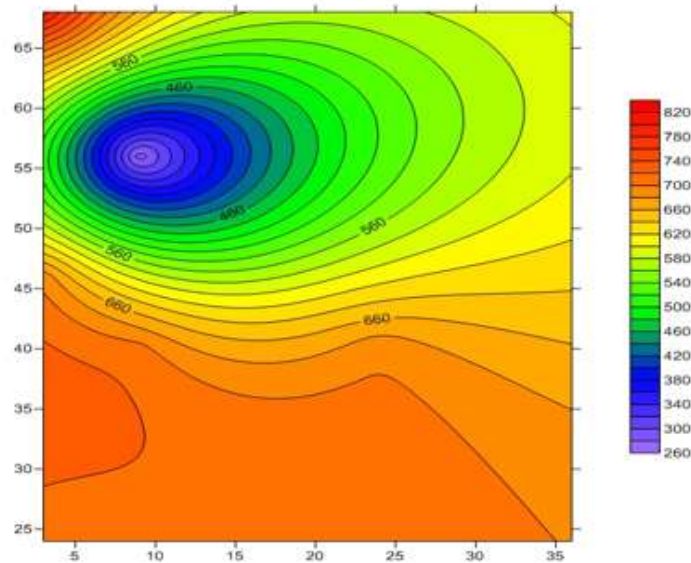
Berdasarkan gambar 3, kebanyakan sampel menunjukkan nilai pengukuran susceptibilitas magnetik frekuensi rendah (χ_{LF}) dengan nilai rata-rata sebesar $649,0473 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ lebih rendah dari nilai rata-rata pengukuran susceptibilitas magnetik frekuensi tinggi (χ_{HF}) $673,642 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sehingga, dapat dijelaskan bahwa: pada frekuensi tinggi, waktu relaksasi butir SP lebih pendek dan pada frekuensi rendah, waktu yang dibutuhkan untuk mengukur nilai susceptibilitas keseluruhan butir dalam kategori normal. Hal ini dikarenakan ketika volume butir dalam tanah cenderung sama maka, susceptibilitas magnetik pada frekuensi rendah menjadi lebih rendah dari pada frekuensi tinggi.

Pemetaan nilai susceptibilitas magnetik juga dilakukan dalam penelitian ini guna mengetahui nilai sebaran logam berat pada lahan dimana, sampel penelitian diambil. Berikut adalah nilai sebaran susceptibilitas magnetik dengan menggunakan *surfer* pada lahan

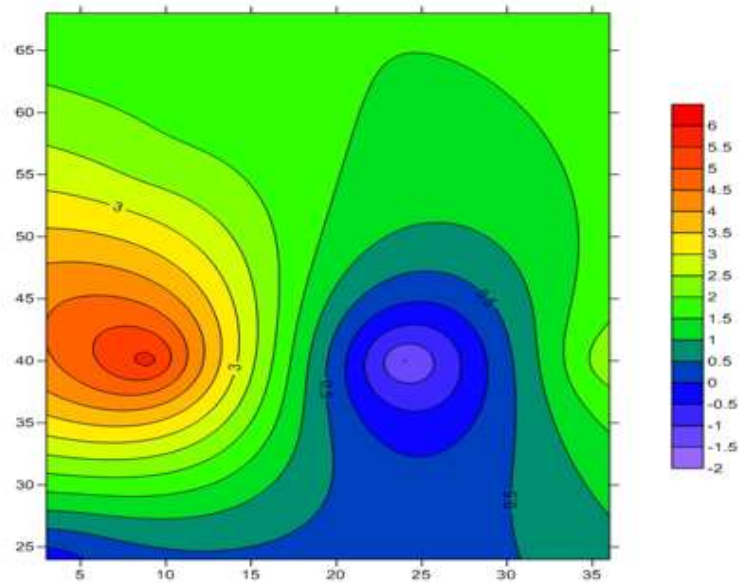
perkebunan apel untuk nilai suseptibilitas frekuensi rendah, frekuensi tinggi dan suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi.



Gambar 4. Interpretasi suseptibilitas magnetik frekuensi tinggi



Gambar 5. Interpretasi suseptibilitas magnetik frekuensi rendah



Gambar 6. Interpretasi sebaran suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi

Gambar 6 merupakan interpretasi nilai sebaran suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi pada tanah perkebunan apel. Dari gambar 6 tersebut menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi (χ_{FD}) terbesar pada koordinat (9 m, 40 m) bernilai 5,7% berisi butir SP dan MD. Nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi terkecil berada pada koordinat (24 m, 40 m) bernilai -1,5% berisi butir MD (multi domain). kisaran nilai χ_{FD} yang diperoleh ini hampir sama dengan nilai χ_{FD} pada tanah berpestisida di daerah Lembang Jawa Barat dengan nilai kisaran 2,2% sampai dengan 4,9% [18], nilai ini juga hampir sama dengan kisaran nilai χ_{FD} yang diperoleh pada penelitian distribusi pencemaran POPs di Daerah Ciwaruga Bandung [18].

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan tanah perkebunan apel memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata frekuensi rendah (χ_{LF}) sebesar $649,0473 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan suseptibilitas magnetik frekuensi tinggi rata-rata sebesar (χ_{HF}) $673,642 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ serta Suseptibilitas bergantung frekuensi rata-rata (χ_{FD}) sebesar 2,04% yang merepresentasikan kandungan mineral ferimagnetik konsentrasi tinggi dengan butir *magnetite/manghemite* berukuran ~20-25 nm dominasi properti MD (multi domain) dan SP (super paramagnetik).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Jordanova, D. Jordanova, And P. Petrov, “Soil Magnetic Properties In Bulgaria At A National Scale-Challenges And Benefits,” *Glob Planet Change*, Vol. 137, 2016, Doi: 10.1016/J.Gloplacha.2015.12.015.
- [2] J. Huang, B. Minasny, B. M. Whelan, A. B. Mcbratney, And J. Triantafilis, “Temperature-Dependent Hysteresis Effects On Em Induction Instruments: An

- Example Of Single-Frequency Multi-Coil Array Instruments,” *Comput Electron Agric*, Vol. 132, 2017, Doi: 10.1016/J.Compag.2016.11.013.
- [3] M. M. Orosun, S. A. Oniku, A. Peter, R. O. Orosun, N. B. Salawu, And L. Hitler, “Magnetic Susceptibility Measurement And Heavy Metal Pollution At An Automobile Station In Ilorin, North-Central Nigeria,” *Environ Res Commun*, Vol. 2, No. 1, 2020, Doi: 10.1088/2515-7620/Ab636a.
- [4] N. Jumianti And A. Afdal, “Identifikasi Logam Berat Pencemaran Tanah Lapisan Atas Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik Pada Zona Penggunaan Lahan Berbeda Di Kota Padang,” *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 9, No. 4, 2021, Doi: 10.25077/Jfu.9.4.550-557.2020.
- [5] D. Jordanova, N. Jordanova, And U. Werban, “Environmental Significance Of Magnetic Properties Of Gley Soils Near Rosslau (Germany),” *Environ Earth Sci*, Vol. 69, No. 5, 2013, Doi: 10.1007/S12665-012-2006-3.
- [6] J. Narciso, C. Bobe, L. Azevedo, And E. Van De Vijver, “A Comparison Between Kalman Ensemble Generator And Geostatistical Frequency-Domain Electromagnetic Inversion: The Impacts On Near-Surface Characterization,” *Geophysics*, Vol. 87, No. 5, 2022, Doi: 10.1190/Geo2021-0498.1.
- [7] O. Kruglov *Et Al.*, “Soil Sampling And Magnetic Susceptibility Determination In Soil Science: Methodological Aspect,” In *16th International Conference Monitoring Of Geological Processes And Ecological Condition Of The Environment, Monitoring 2022*, 2022. Doi: 10.3997/2214-4609.2022580165.
- [8] T. Keiji *Et Al.*, “Magnetic Method For Measuring Moisture Content Using Diamagnetic Characteristics Of Water,” *Meas Sci Technol*, Vol. 28, No. 1, 2017, Doi: 10.1088/1361-6501/28/1/014010.
- [9] A. P. Martin, C. Ohneiser, R. E. Turnbull, D. T. Strong, And S. Demler, “Soil Magnetic Susceptibility Mapping As A Pollution And Provenance Tool: An Example From Southern New Zealand,” *Geophys J Int*, Vol. 212, No. 2, 2018, Doi: 10.1093/Gji/Ggx484.
- [10] F. Brempong, Q. Mariam, And K. Preko, “The Use Of Magnetic Susceptibility Measurements To Determine Pollution Of Agricultural Soils In Road Proximity,” *Afr J Environ Sci Tech*, Vol. 10, No. 9, 2016, Doi: 10.5897/Ajest2015.2058.
- [11] M. D’emilio, R. Caggiano, R. Coppola, M. Macchiato, And M. Ragosta, “Magnetic Susceptibility Measurements As Proxy Method To Monitor Soil Pollution: The Case Study Of S. Nicola Di Melfi,” *Environ Monit Assess*, Vol. 169, No. 1–4, 2010, Doi: 10.1007/S10661-009-1201-5.
- [12] G. Tamuntuan, S. H. J. Tongkukul, And G. Pasau, “Analisis Suseptibilitas Dan Histeresis Magnetik Pada Endapan Pasir Besi Di Sulawesi Utara,” *Jurnal Mipa*, Vol. 6, No. 2, 2017, Doi: 10.35799/Jm.6.2.2017.18008.
- [13] A. Boroallo, V. A. Tiwow, And S. Sulistiawaty, “Studi Mineral Magnetik Tanah Tpa Antang Makassar Berdasarkan Data Suseptibilitas Magnetik,” *Orbita: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, Vol. 9, No. 1, 2023, Doi: 10.31764/Orbita.V9i1.11663.
- [14] F. Norman, A. Budiman, And D. Puryanti, “Hubungan Ukuran Butir Terhadap Suseptibilitas Magnetik Dan Kandungan Unsur Mineral Magnetik Pasir Besi Pantai

- Sunur Kabupaten Padang Pariaman,” *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 5, No. 3, 2016, Doi: 10.25077/Jfu.5.3.238-243.2016.
- [15] A. L. Hillman, A. Yao, M. B. Abbott, And D. J. Bain, “Two Millennia Of Anthropogenic Landscape Modification And Nutrient Loading At Dian Lake, Yunnan Province, China,” *Holocene*, Vol. 29, No. 3, 2019, Doi: 10.1177/0959683618816504.
- [16] J. Morales, M. Del S. Hernández Bernal, N. Pérez Rodríguez, And A. Goguitchaichvili, “Magnetic Susceptibility Prospecting And Geochemical Characterization Of Taxco’s Mining Waste Dam Guerrero I (Mexico),” *Quaternary*, Vol. 6, No. 3, 2023, Doi: 10.3390/Quat6030040.
- [17] R. S. Eka And E. Suharyadi, “Pengukuran Tetapan Suseptibilitas Pada Polyethylene Glykol (Peg-4000) Coated- Nanopartikel Magnetik Cobalt Ferrite (Cofe₂o₄) Pengukuran Tetapan Suseptibilitas Pada Polyethylene Glycol (Peg- 4000) Coated- Nanopartikel,” *Indonesia*, Vol. 53, 2014.
- [18] R. & A. Almiati, “Analisis Kesuburan Tanah Dan Residu Pemupukan Pada Tanah Dengan Menggunakan Metode Kemagnetan Batuan,” *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 1, no. 2, pp. 130–139, 2017.
- [19] Hutaaruk. M. et al, “Analisis Suseptibilitas Magnetik dan Kandungan Logam Berat pada Tanah Perkebunan Kelapa Sawit”, *KIF (Komunikasi Fisika Indonesia)*, vol. 17, no. 2, 2020.
- [20] Rangkuti. B & Budiman. A, “Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas sebagai Parameter Kesuburan Tanah pada Lahan Pertanian”, *Jurnal Fisika Unand*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [21] Kanu, M.O., Meludu,O.C., and Oniku, S.A, “A Preliminary Assesment of soil pollutionin some parts of Jalingo, Metropilis, Nigeria using magnetic susceptibility method”, *Jordan journal of Earth and Environmental Sciences*, 5 (2); 53-61. 2013.