

Suseptibilitas Magnetik, pH dan Kandungan Mineral untuk Uji Tingkat Kesuburan Tanah pada Lahan Perkebunan Kemiri di Kecamatan IX Koto Sungai Lasi

Geby Sri Ayu Oktavia¹, Ahmad Fauzi Pohan^{2*}

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Maret 2025
Direvisi: 25 April 2025
Diterima: 15 Mei 2025

Kata kunci:

Kecamatan IX Koto Sungai Lasi
Kesuburan
pH
Suseptibilitas Magnetik

Keywords:

District IX Koto Sungai Lasi
Fertility
pH
Magnetic Susceptibility

Penulis Korespondensi:

Ahmad Fauzi Pohan
Email:
ahmadfauzipohan@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang nilai suseptibilitas magnetik, pH dan kandungan mineral untuk uji tingkat kesuburan tanah di Nagari Indudur, Kecamatan IX Koto Sungai Lasi. Sampel diambil pada lokasi lahan perkebunan kemiri pada dua lokasi yang berbeda serta diduga mengalami penurunan kesuburan tanah. Pengambilan sampel diambil pada 6 titik dengan tiga variasi kedalaman, 30 cm, 60 cm dan 90 cm sehingga diperoleh 36 sampel. Jarak antar titik pengambilan sampel adalah 2 m. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan MS2B Bartington Susceptibility Meter dengan menggunakan dua frekuensi yaitu 0,47 kHz LF (Low Frequency) dan 4,7 kHz HF (High Frequency). Pada lokasi 1, nilai χ_{LF} rata – rata diperoleh yaitu $181,2089 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, sedangkan nilai χ_{HF} rata – rata diperoleh $170,5870 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. Pada lokasi 2 nilai χ_{LF} rata – rata diperoleh yaitu $487,6539 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, sedangkan nilai χ_{HF} rata – rata diperoleh $480,5271 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. dengan rata – rata pH pada kedua lokasi perkebunan kemiri bersifat asam. Hal ini terjadi karena berlebihnya unsur Si dan Al yang membuat tanah Perkebunan menjadi asam serta terjadinya defisiensi mineral Magnesium (Mg dan sulfur) yang membuat tanaman kemiri mengalami penurunan hasil dari produksi. selain itu deposisi pada lahan Perkebunan juga menjadi pemicu tanah pada lokasi Perkebunan mengalami penurunan kesuburan tanah.

Research has been conducted on the value of magnetic susceptibility, pH and mineral content to test the level of soil fertility in Nagari Indudur, District IX Koto Sungai Lasi. Samples were taken at the location of candlenut plantations in two different locations that were suspected of experiencing a decrease in soil fertility. Sampling was taken at 6 points with three depth variations, 30 cm, 60 cm and 90 cm so that 36 samples were obtained. The distance between sampling points is 2 m. Magnetic susceptibility measurements using the MS2B Bartington Susceptibility Meter using two frequencies, namely 0,47 kHz LF (Low Frequency) and 4,7 kHz HF (High Frequency). At location 1, the average value obtained is $181,2089 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, while the average χ_{HF} value obtained is $170,5870 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. At location 2 the average χ_{LF} value obtained is $487,6539 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, while the average χ_{HF} value obtained is $480,5271 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. with an average pH in both locations of candlenut plantations is acidic. This occurs because of the excess of Si and Al elements that make the plantation soil acidic, as well as the deficiency of Magnesium (Mg) and sulfur, minerals that make candlenut plants experience a decrease in production. Besides that deposition on plantation land is also one of the triggers for soil in the plantation location to experience a decrease in soil fertility.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan produksi rempah nomor 5 terbanyak dunia. Salah satu produksi rempah terbanyak di Indonesia adalah kemiri, dengan produksi 100,60 juta ton per tahun. Produksi kemiri tersebar di seluruh kabupaten dan kota di Indonesia salah satunya di kabupaten Solok. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik terjadi penurunan produksi buah kemiri yang signifikan dari sebesar 9,200 ton pada tahun 2014 menjadi 290 ton pada tahun 2016.

Penurunan kualitas kesuburan tanah disebabkan oleh berbagai faktor. Menurut (Dragović & Vulević, 2021) faktor utama yang menyebabkan penurunan kesuburan tanah yaitu penggunaan pupuk serta perubahan iklim, Penggunaan lahan secara berlebihan dengan tidak disertai pengelolaan yang tepat akan menyebabkan tanah akan mengalami degradasi, sehingga penurunan kualitas tanah akan semakin cepat terjadi (Barrios et al., 2017). Penelitian (Schoonover & Crim, 2015) menunjukkan bahwa untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian dibutuhkan tambahan input (seperti penggunaan pupuk, pestisida, herbisida, dan alat-alat berat lainnya), yang secara tidak langsung dapat menyebabkan penurunan kualitas kesuburan tanah.

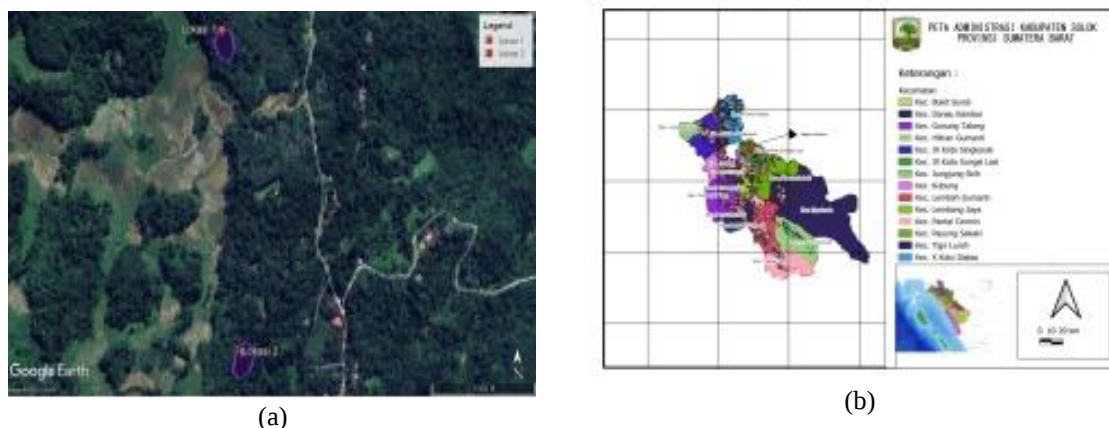
Kesuburan tanah ditandai dengan adanya unsur hara yang terbagi menjadi dua golongan, yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah besar, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Belerang (S), dan Magnesium (Mg), sedangkan mikronutrien adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, seperti Besi (Fe), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Mangan (Mn), Molibdenum (Mo), Boron (B), dan Klor (Cl). Jika tanah kekurangan unsur hara maka akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur hara mikro adalah unsur yang memiliki sifat kemagnetan yang tinggi dari unsur lainnya, sehingga dalam menganalisis tingkat kesuburan tanah dapat menggunakan metode Suseptibilitas Magnetik. (Sulaiman, et al., 2022)

Penelitian sebelumnya di Kabupaten Solok dengan suseptibilitas magnetik tanah pada lahan perkebunan kopi oleh Ulfa & Budiman (2019) menyatakan mineral pengontrol tanah bersifat ferrimagnetik (hematit) dan tanah di daerah penelitian juga telah mengalami penurunan kesuburan tanah. Santoso et al (2019) menyatakan bahwa nilai suseptibilitas magnetik meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan nilai suseptibilitas magnetik berkorelasi dengan kelimpahan mineral magnetik pada sampel. Tingkat kesuburan tanah dapat diketahui melalui unsur hara dalam tanah. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk identifikasi tingkat kesuburan tanah diantaranya parameter fisika, kimia, serta unsur hara tanah.

Penelitian ini perlu dilakukan terkhusus pada daerah Nagari Indudur, Kecamatan IX Koto Sungai Lasi sebagai upaya untuk mengantisipasi penurunan hasil panen setiap tahunnya di perkebunan kemiri dan juga mengetahui apa yang diperlukan lebih lanjut dalam upaya meningkatkan hasil produksi kemiri melalui uji tingkat kesuburan tanah.

II. METODE

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 36 titik pada setiap lokasi dengan kedalaman 30,60 dan 90 cm dari permukaan tanah dengan jarak 2 m. Sampel tanah di perkebunan kemiri yang berada pada koordinat 0°44'11" LU, 100°BT 43'20" dan 0°45'11"LU, 100°BT 43'30. Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika Universitas Andalas menggunakan alat MS2 Bartington dengan sensor MS2B pada 15 arah pengukuran. Hasil dari pengukuran suseptibilitas magnetik dalam 15 arah diolah menggunakan program Matlab 2015a untuk mendapatkan nilai suseptibilitas magnetik. Pengukuran kandungan logam berat dilakukan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* di Laboratorium Instrumentasi Kimia UNP terhadap enam sampel uji.



Gambar 1 a) Lokasi Penelitian b)Peta Geologi Kab. Solok

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Suseptibilitas Magnetik dengan Sifat Mineral Magnetik Sampel dan Domain Magnetik

Pengukuran dengan frekuensi rendah menghasilkan nilai suseptibilitas yang diperoleh dari mineral dan butiran magnetik yang terdapat dalam sampel. Di sisi lain, pada pengukuran dengan frekuensi tinggi, butiran superparamagnetik tidak memberikan kontribusi dalam menentukan nilai suseptibilitas. Hal ini disebabkan oleh perubahan medan magnetik eksternal yang terjadi lebih cepat daripada waktu relaksasi yang diperlukan oleh butiran superparamagnetik. Pada Lokasi 1 rata-rata nilai χ_{LF} $181,2089 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sedangkan nilai χ_{HF} rata – rata diperoleh $170,5870 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pada lokasi 2 nilai χ_{LF} rata – rata diperoleh yaitu $487,6539 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, sedangkan nilai χ_{HF} rata – rata diperoleh $480,5271 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Sifat kontrol magnetik yang berbeda, paramagnetik dan ferromagnetik, terlihat pada sampel yang diambil dari kedua lokasi. Rata-rata nilai magnetik di lokasi 1 tercatat sebesar 3,84%, sedangkan di lokasi 2, angkanya mencapai 4,33%. Berdasarkan hasil analisis FD%, dapat dinyatakan bahwa sampel yang berasal dari lokasi 1 memiliki kandungan butir superparamagnetik yang lebih tinggi daripada sampel yang berasal dari lokasi 2.

3.1 Suseptibilitas Magnetik Dengan Kedalaman Tanah

Nilai suseptibilitas magnetik di lokasi 1 dan lokasi 2 berbeda. Rata- rata nilai pada lokasi 2 lebih tinggi daripada lokasi 1, pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa lokasi 1 pada kedalaman 30 tanah dan nilai suseptibilitasnya dalam keadaan sesuai, namun antara kedalaman 60 cm dan 90 cm, nilai suseptibilitasnya menurun. Hal ini terjadi karena adanya kaitan nilai suseptibilitas magnetik dengan indeks erosi atau berkemungkinan terjadinya perpindahan material dari daerah lain kedaerah pengambilan sampel dan semakin rendahnya nilai χ_{LF} (Rangkuti, 2019). Di lokasi 2 nilai rata – rata suseptibilitas magnetik tanah cenderung hampir sama dan tidak terjadi perpindahan lapisan tanah karena desposisi, ini terjadi karena semakin dalam lapisan tanah maka nilai suseptibilitasnya semakin kecil, untuk kedalaman 60 cm dan 90 cm mempunyai nilai yang relative sama dan berkemungkinan masih tergolong dalam 1 lapisan tanah.

Tabel 1 Nilai Suseptibilitas Magnetik Lokasi 1 dan 2

No	Kedalaman (cm)	Suseptibilitas Magnetik		Rata - rata	
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 1	Lokasi 2
1	30	95.48 - 208.59	311.75 - 698.82	169.6	514.47
		146.53 - 220.30	297.41 - 669.82	179.21	473.43
2	60	85.68 - 334.71	328.10 - 672.66	194.81	475.06

3.2 Suseptibilitas Magnetik Dengan Konsentrasi Mineral Sampel

Sampel yang dipakai sebagai uji kandungan dan konsentrasi mineral magnetik pada lokasi 1 yaitu sampel C1 untuk nilai suseptibilitas magnetik yang rendah dan C5 untuk nilai suseptibilitas

magnetik yang rendah, sedangkan pada lokasi 2 sampel yang dipakai untuk nilai suseptibilitas terendah yaitu I5 dan untuk nilai suseptibilitas tertinggi dipakai sampel H3.

Tabel 2 Jenis dan Konsentrasi Mineral Sampel pada Lokasi 1 dan 2

No.	Mineral	Konsentrasi Mineral (%)				Sifat Magnet
		C1	C5	H3	I5	
1	Al	24.564	22.794	19.365	21.004	Paramagnetik
2	Si	49.916	50.593	55.522	49.772	Diamagnetik
3	P	3.522	3.603	3.745	3.893	Paramagnetik
4	K	3.213	3.252	5.528	5.609	Paramagnetik
5	Ca	2.382	3.479	3.34	3.781	Diamagnetik
6	Ti	2.034	2.057	1.28	1.593	Paramagnetik
7	Fe	12.837	12.695	9.362	12.219	Ferromagnetik
8	Mn	0.262	0.328	0.273	0.34	Anti Ferromagnetik

Berdasarkan Tabel 2 senyawa Si dan Al mendominasi mineral pada tanah perkebunan dari dua lokasi sampel. Pada lokasi sampel penelitian mempunyai ruang pori tanah berukuran besar sehingga daya hantar air cepat, tapi kemampuan menyimpan air dan unsur hara rendah dan kurang baik untuk tumbuh kembang tanaman. Oleh karena itu dikatakan semakin tinggi persentasi pasir untuk penyusun lapisan tanah maka semakin menurun tingkat kesuburan tanah (Noor, 2006).

Bahan magnetik paramagnetik yang terkandung dalam sampel (Al, P, K dan Ti) diperlukan kemiri untuk transfer energi dan esterifikasi dengan gugus alkohol pada tanaman kemiri. untuk bahan diamagnetik yang terkandung dalam sampel (Si dan Ca) diperlukan kemiri sebagai osmotik dan keseimbangan ion dan fungsi lainnya dalam pembentukan enzim dan katalisis (Puja, 2018) Pada sampel lokasi 1 dan 2 kurangnya salah satu unsur mineral essensial yang berdampak besar pada tanaman, mineral yang tidak terkandung pada tanah dan tanaman kemiri dalam sampel yaitu magnesium dan sulfur dimana ketidakadaan mineral tersebut dapat mengurangi kesuburan tanah dan akar pada tanaman menjadi bermasalah sehingga membuat nutrisi atau hara- hara yang dibutuhkan tanaman tidak sampai pada batang, daun dan buah sehingga membuat produksi tanaman berkurang (Rahma, 2019).

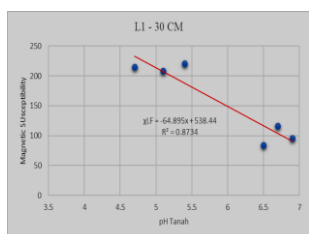
3.3 Suseptibilitas Magnetik Dengan pH Tanah

Nilai pH lokasi 1 dan 2 rata-rata tanah perkebunan kemiri tersebut yaitu rendah (4.5 – 5) dan sedang (5.5 – 6). Dari Tabel 3 menunjukkan hasil nilai pH Tanah, pada lokasi 1 didapatkan bahwa nilai pH terkecil pada sampel A6 dengan nilai 4,7 dan nilai tertinggi pada sampel A1 dengan nilai 6,9. Pada lokasi 2, didapatkan bahwa sampel dengan nilai terkecil yaitu J5 dengan nilai 3,9 dan nilai tertinggi pada sampel J4 dengan nilai 7,1. Dari nilai suseptibilitas magnetik dengan sampel pH tanah pada lokasi 1 sampel dengan nilai suseptibilitas terendah pada C1 dengan nilai 83,7133 dan nilai tertinggi pada C5 dengan nilai 334,7144. Sedangkan pada lokasi 2 nilai terendah terdapat pada sampel I5 dengan nilai 297,4133 dan nilai tertinggi pada H3 dengan nilai 698,8267. Nilai suseptibilitas magnetik pada sampel dengan pH tanah sedang (*middle*) lebih tinggi dari nilai suseptibilitas magnetik sampel dengan pH rendah (*low*) yang dimana menunjukkan bahwa terdapat adanya kelimpahan mineral magnetik pada sampel dengan pH tanah sedang (*middle*) dan secara umum nilai suseptibilitas magnetik meningkat dengan seiring meningkatnya nilai pH tanah (Santoso, 2019).

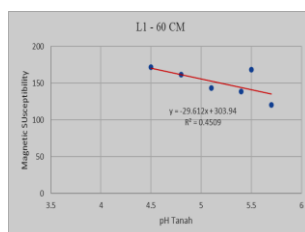
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa rata-rata sampel berada pada pH rendah (*low*) sekitar 4.5 sampai 5.5 hal ini dikarenakan adanya mineral- mineral yang menyebabkan tanah mengalami penurunan kesuburan tanah yaitu P_2O_5 dan K_2O yang disebabkan pemberian pupuk NPK dan mineral CaO (Rangkuti, 2019). Hal tersebut tentu berpengaruh pada pH Tanah yang dimana tanah bersifat asam, Adapun mineral aluminium yang bersifat racun serta mengikat mineral fosfor sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Ketidakadaanya unsur mineral makronutrien pada tanah didaerah lokasi penelitian kemiri yaitu magnesium dan sulfur hal ini dapat mengurangi atau membuat pH tanah menjadi asam. Pada pH tanah asam, unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn dan Cu menjadi mudah larut dan menjadi racun bagi tanaman yang tumbuh (Iswanto, 2019).

Tabel 3 Nilai pH Tanah Sampel dari Lokasi 1 dan 2

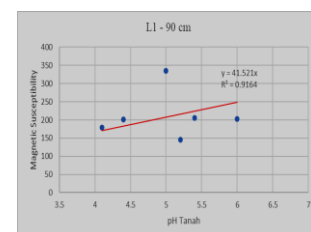
LOKASI 1			LOKASI 2	
NO	KODE SAMPEL	Nilai pH	KODE SAMPEL	Nilai pH
1	A1	6.9	H1	6.4
2	A2	6.7	H2	4.7
3	A3	6.5	H3	6
4	A4	5.1	H4	6.22
5	A5	5.4	H5	4.9
6	A6	4.7	H6	6
7	B1	5.1	I1	4.2
8	B2	5.4	I2	5.8
9	B3	5.7	I3	6.1
10	B4	5.5	I4	6.2
11	B5	4.8	I5	5.2
12	B6	4.5	I6	4.3
13	C1	4.8	J1	6.1
14	C2	5.2	J2	4.5
15	C3	5	J3	4
16	C4	4.9	J4	7.1
17	C5	5.4	J5	3.9
18	C6	6	J6	5.2



(a)

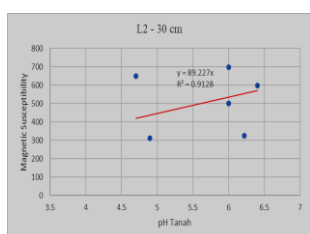


(b)

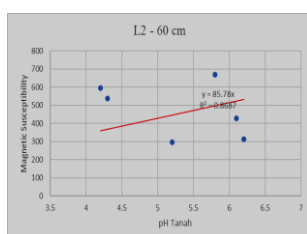


(c)

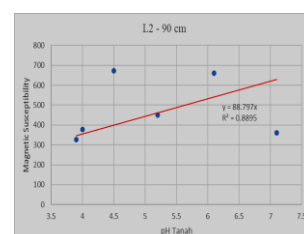
Gambar 2 Grafik pH Tanah dan SM pada Lokasi 1 (a). Kedalaman 30 cm (b) Kedalaman 60 cm (c) kedalaman 90 cm.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3 Grafik pH Tanah dan SM pada Lokasi 2 (a). Kedalaman 30 cm (b) Kedalaman 60 cm (c) kedalaman 90 cm.

Pada Gambar 3 rata-rata pH pada lokasi sampel 2, sedang (*middle*) berkisar diantara 5.5 sampai 6.5 yang termasuk asam tapi masih aman bagi tanaman. dapat dilihat pada Tabel 3 dan sama seperti pada lokasi sampel 1 nilai SiO_3 dan Al_2O_3 masih mendominasi pada tanah sampel lokasi 2. Salah satu

penyebab tanah bersifat asam pada lokasi sampel karna tidak adanya mineral makronutrien pada tanah seperti Belerang (S) dan Magnesium (Mg).

3.4 Analisis Suseptibilitas Magnetik, χ_{FD} , pH Tanah dan Kandungan Mineral Terhadap Kesuburan Tanah

Tabel 4 Nilai suseptibilitas magnetik, pH dan Konsentrasi Mineral pada Kesuburan Tanah

No	Sampel	Konsentrasi Mineral (%)							χ_{LF}	χ_{HF}	pH
		Al	Si	Ti	Fe	P	K	Ca			
1	C1	24.56	49.92	2.034	12.8	3.5	3.2	2.4	87.23	1.8	6.9
2	C5	22.79	50.59	2.057	12.7	3.6	3.3	3.5	334.7	2.3	4.7
3	H3	19.37	55.52	1.28	9.36	3.7	5.5	3.3	698.8	11.5	7.1
4	I5	21	49.77	1.593	12.2	3.9	5.6	3.8	297.4	0.25	3.9

Berdasarkan Tabel 4, nilai suseptibilitas di lokasi 2 lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi 1. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kesuburan tanah terhadap nilai suseptibilitas magnetik. Kesuburan tanah yang terdiri dari bahan organik, mikroorganisme, dan mineral penyusun punya peran penting dalam menentukan sifat magnetik tanah itu sendiri. Semakin tinggi kesuburan tanah, semakin tinggi pula nilai suseptibilitas magnetiknya, yang diakibatkan oleh kandungan bahan organik dan komposisi mineral yang ada. Tingkat kesuburan tanah ditentukan oleh pH yang berkorelasi dengan suseptibilitas magnetik. Ini juga bergantung pada frekuensi χ_{FD} serta kandungan magnesium (Mg) dalam tanah. Semakin tinggi pH tanah, semakin tinggi pula nilai suseptibilitas magnetiknya. Sebaliknya, pH yang rendah menyebabkan kandungan magnesium dalam tanah menurun (Santoso, 2019).

Kandungan mineral tanah, termasuk magnesium, sangat berperan dalam kesuburan dan sebagai nutrisi esensial bagi tanaman. Tanah yang kekurangan magnesium dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman, termasuk gejala defisiensi seperti daun kuning dan terhambatnya pertumbuhan. Selain itu, nilai pH tanah juga berpengaruh terhadap ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Jika pH tanah terlalu asam atau basa, hal ini dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Hasil dari penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian Ulfa, (2019) yang dimana nilai suseptibilitas yang tinggi mempunyai kandungan atau penyerapan Fe lebih tinggi sedangkan hasil dari penelitian Lokasi 1 mempunyai suseptibilitas magnetik kecil tetapi dengan penyerapan atau kandungan Fe tinggi dan melebihi batas normal. untuk nilai χ_{FD} lokasi 1 mengandung lebih banyak bulir superparamagnetik daripada lokasi 2, hal ini bisa dikatakan bahwa lokasi 1 mengalami penurunan kesuburan tanah (Sulaiman., 2022). Pada kedua lokasi daerah penelitian rata – rata nilai pH tanah bersifat asam hal ini terjadi karena tanah memerlukan mineral kalsium, magnesium dan belerang sebagai sumber hara makro, namun magnesium dan belerang tidak ada pada kedua lokasi sampel yang dimana jika tanaman kekurangan salah satu atau dua mineral tersebut maka akan berdampak buruk pada tanah dan tanaman (Trisnawati, 2022).

IV. KESIMPULAN

Secara umum, sampel nilai suseptibilitas magnetik pada perkebunan kemiri di Nagari Indudur, Kecamatan IX Koto Sungai Lasi dikendalikan oleh mineral paramagnetik dan ferimagnetik. Nilai suseptibilitas magnetik menurun seiring dengan peningkatan kedalaman, namun pada lokasi kedua pada kedalaman 90 cm, terdapat anomali dimana nilai suseptibilitas magnetik yang seharusnya rendah ternyata tinggi, yang disebabkan oleh deposisi tanah. Pada kedua lokasi penelitian, pH tanah cenderung asam karena tingginya kandungan mineral silika dan aluminium serta defisiensi Magnesium (Mg) dan fosfat. Kekurangan ini mengakibatkan tanaman kenari mengalami klorosis, pertumbuhan yang terhambat, nekrosis, dan mempengaruhi kualitas buah dan biji kemiri. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tanah pada kedua lokasi perkebunan kemiri menunjukkan penurunan kesuburan atau kurang subur.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrios, M. dos R., Marques Junior, J., Matias, S. S. R., Panosso, A. R., Siqueira, D. S., & Scala Junior, N. (2017). Suscetibilidade magnética como indicador de qualidade do solo em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Caatinga*, 30(2), 287–295. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n203rc>
- Dragović, N., & Vulević, T. (2021). *Soil Degradation Processes, Causes, and Assessment Approaches*. January, 928–939. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95981-8_86
- Iswanto, B. H., & Zulaikah, S. (2019). Selection method to identify the dominant elements that contribute to magnetic susceptibility in sediment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4), 8–12. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044087>
- Noor, D. (2006). *Geologi Lingkungan*. 209.
- Puja, I. N., & Atmaja, I. D. A. (2018). Kajian Status Kesuburan Tanah untuk Menentukan Pemupukan Spesifik Lokasi Tanaman Padi. *Agrotrop*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2018.v08.i01.p01>
- Rangkuti, B. I., & Budiman, A. (2019). Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas sebagai Parameter Kesuburan Tanah pada Lahan Pertanian. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2), 164–170. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.164-170.2019>
- Santoso, N. A., Iqbal, M., Ekawati, G., & Firdaus, R. (2019). Study of pH and Magnetic Susceptibility to Fertility Rate of Agricultural Soil around Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/258/1/012001>
- Schoonover, J. E., & Crim, J. F. (2015). An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154(1), 21–47. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2015.03186.x>
- Sitti Rahma; Burhanuddin Rasyid; Muh.Jayadi. (2019). Sitti Rahma, 1 Burhanuddin Rasyid, 1 Muh.Jayadi. *Jurnal Ecosolum*, 8(2), 74–85.
- Sulaiman, A. F. R., Anda, P., & Haraty, S. R. (2022). Analisis Karakteristik Tanah Menggunakan Metode Magnetik Dan X-Ray Fluorescence Di Kecamatan Oheo. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8(3), 171–185. <https://doi.org/10.23960/jge.v8i3.225>
- Trisnawati, A. (2022). Analisis Status Kesuburan Tanah Pada Kebun Petani Desa Ladogahar Kecamatan Nita Kabupaten Sikka. *Journal Locus Penelitian Dan Pengabdian*, 1(2), 68–80. <https://doi.org/10.36418/locus.v1i2.11>
- Ulfa, Y. S., & Budiman, A. (2019). Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Pada Lahan Perkebunan Kopi di Kabupaten Solok. *Jurnal Fisika Unand*, 8(3), 219–226. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.3.219-226.2019>