

|  |                            |
|--|----------------------------|
|  | Vol. 3 No. 2 November 2023 |
|  | Halaman : 08 – 15          |
|  | e-ISSN : 2809 - 9796       |

## Identifikasi Karakteristik Mineral Magnetik Berdasarkan Analisis XRF di Lahan Pertanian Sekitar Sungai Biyonga Kabupaten Gorontalo

Sintia N. Gani<sup>1</sup>, Raghel Yunginger<sup>\*1</sup>, Gerald H Tamutuan<sup>2</sup>, Meilan Demulawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia.

Email korespondensi : [raghel@ung.ac.id](mailto:raghel@ung.ac.id)

*Submitted:* 18 Agustus 2023; *Accepted:* 14 November 2023

**ABSTRACT**– An analysis of soil chemical elements using X-ray fluorescence (XRF) has been conducted on paddy fields in Dutulanaa Village, Gorontalo Regency, and corn farms in Polohungo Village, Gorontalo Regency. Soil samples were taken at three locations, namely corn location 1 (location I), corn location 2 (location II), and paddy fields (location III). At each location, samples were taken at 2 points to obtain 6 pieces. The distance between sampling points is 10 m. Based on the results of XRF measurements, the elements that dominate in paddy fields and corn include silica (Si), iron (Fe), aluminum (Al), calcium (Ca), titanium (Ti), potassium (K), and manganese (Mn), where Si is a diamagnetic element, Fe is a ferromagnetic element, and Al, Ca, Ti, and K are paramagnetic elements. The most significant percentage is silica (Si), 60.27% in corn soil (2 points J2T2). The next highest element is iron (Fe), 29.47% in corn soil, 1 point J1T2. The next element is aluminum (Al), 9.10% in corn soil at 1 point J1T1, and calcium (Ca) in corn soil at 2 points. J2T2 is 10.033%, titanium (Ti) was 2.31% in paddy fields at ST5 point, potassium (K) was 2.31% in a paddy field at ST5 point, and the lowest value was manganese (Mn) of 0.59% in corn soil at 2 points J2T1. Even some heavy metal elements, such as lead (Pb), were found—zinc (Zn) and manganese (Mn). The highest heavy metal elements were found in agricultural corn land at 2 J2T2 points, namely lead (Pb) at 158 ppm, zinc (Zn) at 4,555 ppm, and manganese (Mn) at 17,100 ppm, where these results have exceeded the threshold of soil quality standards, resulting in environmental pollution of agricultural land.

**KEYWORD:** Agricultural land; Magnetic Minerals; XRF.

### PENDAHULUAN

Tanah memiliki sifat magnetik, dimana sifat magnetik dalam tanah tidak hanya dipengaruhi oleh mineral yang berasal dari bahan induk, namun faktor pembentuk tanah yang lain juga sangat mempengaruhi seperti proses-proses fisika, kimia, dan biologi bahkan aktifitas manusia seperti industri dan pemupukan tanaman (Khairani et al., 2020). Tanah yang selalu diolah dengan berbagai macam perlakuan dan air yang berasal dari limbah yang mengalir ke sungai maupun saat proses pengolahan tanah, menyebabkan kandungan mineral tanah berbeda-beda. Beberapa tipe tanah yang sangat dekat dengan kegiatan manusia yaitu seperti tanah kapur, tanah endapan, tanah pantai dan tanah pertanian (Bian et al., 2014).

Kabupaten Gorontalo terkenal dengan hasil pertaniannya seperti padi dan jagung. Padi dan jagung merupakan komoditas pertanian di Kabupaten Gorontalo yang mendapat perhatian khusus sebab komoditas unggulan ini mempunyai fungsi multiguna, baik untuk konsumsi langsung maupun sebagai bahan baku utama industri pakan serta industri pangan (Sidabutar et al., 2012). Untuk membasmi tanaman pengganggu selama proses pertumbuhan, maka petani di Kabupaten Gorontalo menggunakan pestisida. Pestisida adalah semua bahan-bahan racun yang digunakan untuk membunuh jasad hidup yang mengganggu tumbuhan, ternak dan sebagainya yang diusahakan manusia untuk kesejahteraan hidupnya. Selain itu penggunaan pestisida merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi padi dan jagung serta memberikan pengaruh positif terhadap hasil produksi (Palia et al., 2018).

Namun disisi lain, penggunaan pestisida dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas tanah pertanian (Adriyani, 2006). Bahkan merupakan pencemar utama lingkungan dalam kegiatan pertanian terhadap kualitas tanah (Hanani et al., 2004). Pernyataan ini sejalan dengan Regita et al (2016) yang menyatakan bahwa penggunaan pestisida yang berlebihan dan tidak tepat baik sasaran, jenis, maupun dosisnya akan berdampak pada pencemaran lingkungan tanah. Selain itu penggunaan pestisida yang berlebihan akan meningkatkan biaya pengendalian, mempertinggi kematian organisme non target serta dapat menurunkan kualitas lingkungan. Pestisida di dalam tanah akan mengalami dekomposisi baik secara fisik, kimia maupun biologis, tetapi untuk senyawa persisten akan terakumulasi dalam tanah. Disamping itu Sulistiawaty (2021) juga menyatakan bahwa penggunaan pestisida yang tidak terkendali dapat menimbulkan masalah yang lebih kompleks yaitu adanya logam berat yang mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah pertanian.

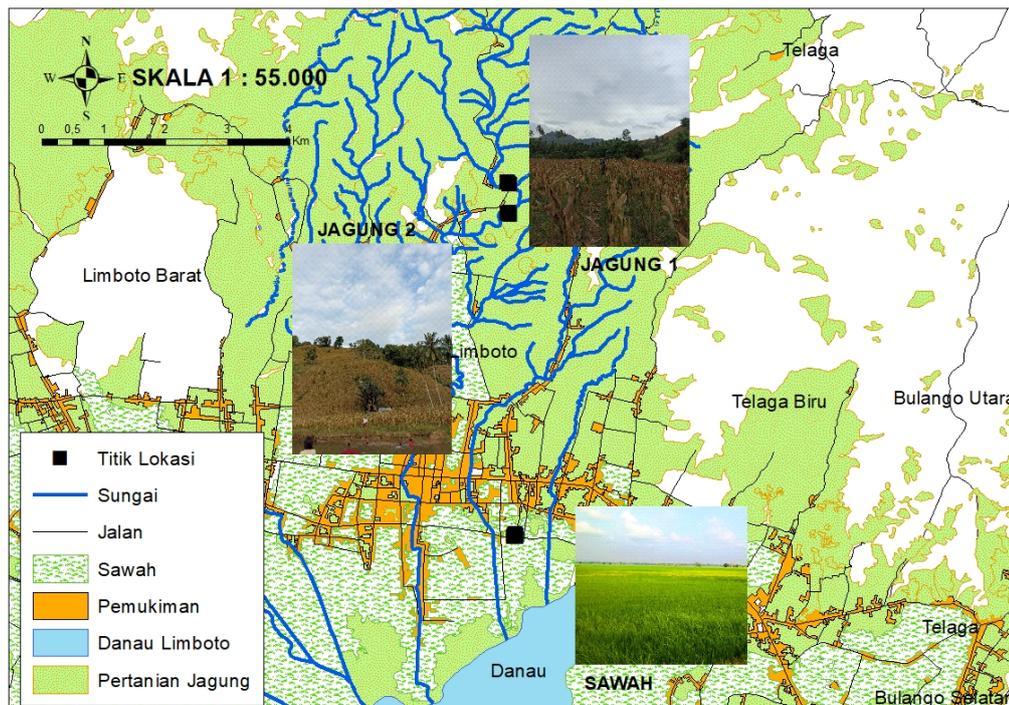
Salah satu area pertanian jagung dan sawah di Kabupaten Gorontalo adalah area yang dekat dengan Sungai Biyonga yang bermuara di Danau Limboto. Disisi lain Badan Lingkungan Hidup, Riset dan Teknologi (Balihristi), Provinsi Gorontalo tahun 2008 menjelaskan bahwa hasil perhitungan indeks Kimia Kirchoff, perairan Danau Limboto sudah tercemar (Nusantari, 2010) juga melaporkan bahwa telah terjadi pencemaran pada air danau. Pencemaran air yang terdeteksi di Danau Limboto adalah Hg dan klorin bebas yang cukup tinggi yang memberikan petunjuk adanya cemaran yang berasal dari pestisida. Disamping itu Nurdin (2011) juga menyatakan bahwa Danau Limboto telah mengalami pendangkalan berat akibat sedimentasi dari Sungai Biyonga yang merupakan sungai utama pembawa sedimen dengan memberikan kontribusi 56% dari total sedimen yang masuk ke Danau Limboto.

Sementara berdasarkan hasil studi Bijaksana et al (2019) bahwa terdapat sedimen yang berasal dari sungai utama Danau Limboto dikontrol oleh mineral magnetik antropogenik. Bahkan Yunginger menegaskan bahwa sedimen Sungai Biyonga cenderung dikontrol oleh mineral antropogenik. Yunginger et al (2022) juga menduga bahwa salah satu sumber mineral antropogenik itu berasal dari limbah pupuk pertanian. Namun Yunginger et al (2022) dan peneliti-peneliti sebelumnya belum mengidentifikasi karakteristik tanah pertanian yang berada di sepanjang Sungai Biyonga. Oleh karena itu penelitian mengenai identifikasi mineral magnetik pada tanah pertanian di sekitar Sungai Biyonga penting untuk dianalisis karena dapat memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan serta jenis mineral magnetik dengan menggunakan uji X-Ray Fluorescence (XRF).

Menurut Prasdiantika & Susanto (2016) menyatakan bahwa XRF dapat menentukan kandungan dari mineral magnetik dan unsur-unsur pengotor yang tidak dapat dipisahkan dari magnet eksternal. XRF adalah teknik analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen dan konsentrasi elemen dari suatu sampel (Kucer et al., 2012). Disisi lain metode XRF juga mempunyai beberapa keuntungan diantaranya biaya relatif murah, multi elemental (dapat mendeteksi berbagai macam material), analisisnya cepat dan hasil analisisnya bersifat kualitatif dan kuantitatif (Patty, 2013). Bahkan Tiwow et al (2021) menyatakan bahwa XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur logam yang terkandung dalam suatu sampel seperti besi (Fe). Besi merupakan unsur hara yang memiliki sifat magnetik yang paling besar (feromagnetik) bahkan peningkatan konsentrasi unsur besi dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi mineral magnetik (Ulfa & Budiman, 2019). Menurut D'Amore et al (2001) sebagian tanah dari lingkungan pedesaan dan perkotaan dapat mengakumulasi satu atau lebih logam berat dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga membahayakan kesehatan manusia, hewan, tanaman dan ekosistem, sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan.

## **METODE PENELITIAN**

Sampel tanah yang diambil pada penelitian ini merupakan sampel tanah pertanian sawah dekat Danau Limboto di Kelurahan Dutulanaa dan tanah pertanian jagung 1 dan 2 yang berada di sekitar Sungai Biyonga Kelurahan Polohungo Kabupaten Gorontalo, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan karakterisasi lingkungan pada tiga lokasi Penelitian.



Gambar 1 Peta lokasi Penelitian

**Tabel 1 Karakteristik lingkungan setiap lokasi pengambilan sampel tanah pertanian**

| Lokasi Penelitian | Karakteristik Lingkungan   |
|-------------------|--|
| Jagung 1          | Di Kelurahan Polohungo sekitar Sungai Biyonga, daerah relatif di hulu sungai dan dekat dengan pemukiman tapi masih jarang, serta daerah yang datar.  |
| Jagung 2          | Di Kelurahan Polohungo sekitar Sungai Biyonga, daerah relatif di hulu sungai dan jauh dengan pemukiman, serta di daerah dataran tinggi yang memiliki kemiringan lereng 8–15% dengan kategori landai. |
| Sawah             | Di Kelurahan Dutulanaa daerah hilir sungai dekat dengan Danau Limboto serta daerah yang datar.   |

Pada setiap lokasi penelitian diambil 2 sampel tanah sebanyak 1 kg dengan jarak antar titik sampel 10 meter. Dengan demikian total sampel tanah berjumlah 6. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan sendok plastik pada kedalaman 0–10 cm. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam plastik zip.

Sampel tanah yang telah diambil disaring dalam keadaan basah menggunakan saringan 100 mesh dengan tujuan untuk menghomogenkan ukuran sampel (Daryanti et al., 2018). Sampel yang telah disaring kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan pada temperatur ruang (25°C) selama kurang lebih 1 minggu dengan tujuan agar uap air yang terkandung dalam sampel tanah hilang. Sampel tanah yang sudah kering digerus menggunakan mortal hingga sampel menjadi halus (bulk). Sehingga sampel siap untuk digunakan dalam uji XRF yang dilakukan dilaboratorium Universitas Hassanudin Makassar dengan merek SHIMADZU tipe EMX-720/800HS kode alat 6-AD-1.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 2 menunjukkan komposisi unsur dalam tanah pertanian sawah dan jagung yang diuji menggunakan XRF. Lokasi kedua pertanian jagung, lokasi 1 dan 2, mengandung unsur yang dominan adalah silika (Si) dibandingkan Fe, Al, Ca dan unsur lainnya. Bahkan hal ini terjadi di lokasi tanah sawah. Hal ini karena Si dapat menghilangkan atau mengurangi kandungan Fe dan Al dalam tanah sehingga cenderung Si memiliki konsentrasilebih tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur tersebut (Nugroho, 2009).

**Tabel 2 Komposisi unsur dalam tanah pertanian sawah dan jagung**

| Unsur | Sampel tanah jagung 1 |          | Sampel tanah jagung 2 |          | Sampel tanah sawah |         |
|-------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|--------------------|---------|
|       | J1T1 (%)              | J1T2 (%) | J2T1 (%)              | J2T2 (%) | ST1 (%)            | ST2 (%) |
| Si    | 52,60                 | 53,80    | 57,22                 | 60,27    | 56,06              | 55,31   |
| Fe    | 29,14                 | 29,47    | 24,62                 | 17,05    | 26,03              | 27,41   |
| Al    | 9,10                  | 6,56     | 7,17                  | 5,09     | 6,36               | 5,79    |
| Ca    | 5,11                  | 5,08     | 5,52                  | 10,03    | 5,77               | 5,52    |
| Ti    | 2,10                  | 2,10     | 1,82                  | 1,00     | 2,01               | 2,31    |
| K     | 0,81                  | 1,58     | 1,96                  | 3,69     | 2,41               | 2,31    |
| Mn    | 0,68                  | 0,76     | 0,59                  | 1,71     | 0,77               | 0,79    |
| Sr    | 0,15                  | 0,14     | 0,14                  | 0,17     | 0,16               | 0,16    |
| Zr    | 0,11                  | 0,13     | 0,12                  | 0,15     | 0,14               | 0,14    |
| Nb    | 0,06                  | 0,06     | 0,04                  | 0,07     | 0,07               | 0,07    |
| Mo    | 0,04                  | 0,04     | 0,03                  | 0,05     | 0,05               | 0,04    |
| Zn    | 0,04                  | -        | 0,13                  | 0,46     | 0,06               | 0,07    |
| In    | 0,02                  | 0,02     | 0,03                  | 0,03     | 0,03               | 0,02    |
| Sn    | 0,02                  | 0,02     | 0,02                  | 0,02     | 0,02               | 0,02    |
| Ru    | 0,01                  | 0,02     | -                     | 0,02     | 0,02               | 0,02    |
| Sb    | 0,01                  | 0,01     | 0,014                 | 0,02     | 0,02               | 0,02    |
| Rh    | 0,01                  | 0,01     | -                     | 0,01     | 0,01               | 0,01    |
| Pb    | -                     | -        | -                     | 0,02     | -                  | -       |

Unsur Si paling tinggi berada pada lokasi jagung 2 khususnya titik J2T2 berkisar 60,27%. Menurut Daryanti *et al* (2018) menyatakan bahwa (Si) merupakan unsur yang non magnetik. Bahkan menurut Husna (2013) menjelaskan bahwa silika atau kuarsa termasuk dalam mineral yang bersifat diamagnetik. Menurut Rizkika & Paloan (2018), mineral diamagnetik merupakan mineral-mineral yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom atau molekulnya adalah nol, tetapi medan magnet akibat orbit dan spin elektronnya tidak nol contoh  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_3$ , dan *Sanidine* ( $\text{Al Si}_3\text{O}_8$ ). Menurut Mulyani (2017) momen magnet diamagnetik mempunyai sifat: Suseptibilitasnya bernilai negatif yaitu antara  $10^{-5}$  sampai  $10^{-4}$  dan Permeabilitas relatif lebih kecil dari 1.

Persamaan permeabilitas tanah ditunjukkan oleh rumus

$$q = A \cdot k_i \quad (1)$$

$$v = \frac{q}{A} = k_i \quad (2)$$

Keterangan:

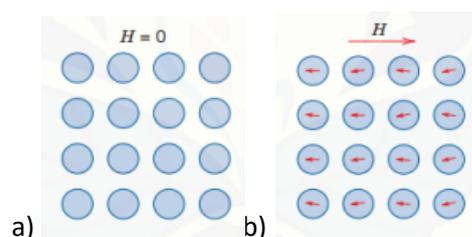
$q$  = volume aliran air persatuan waktu ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = luas penampang tanah yang dilewati air ( $\text{cm}^2$ )

$k$  = koefisien permeabilitas (cm/s)

$i$  = gradien hidrolik

$v$  = kecepatan aliran (cm/s)

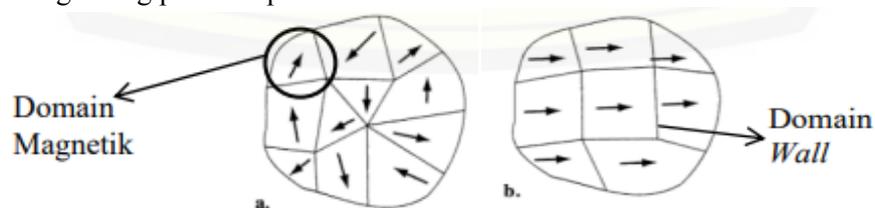


Gambar 2 Momen magnet bahan diamagnetik a) tanpa diberi medan magnet luar b) diberi medan magnet luar (Sumber : Callister & Rethwisch, 2009)

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa respon diamagnetik terhadap medan magnet yang dilewatkan padanya akan menghasilkan induksi magnet yang kecil dan berlawanan arah dengan medan magnet yang diberikan. Momen magnetik ini saling meniadakan satu dengan yang lain, sehingga momen magnetik dalam bahan diamagnetik diberi medan magnet luar, maka terjadi magnetisasi. Magnetisasinya sebanding dengan medan magnet ( $H$ ) yang digunakan Rusli *et al* (2014). Disamping itu menurut Yuniarti *et al* (2017) unsur Si merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen yang terdapat dalam kerak bumi. Bahkan silika berasal dari batuan mineral dan bahan-bahan hayati, serta berada dalam jumlah yang banyak pada setiap tanah.

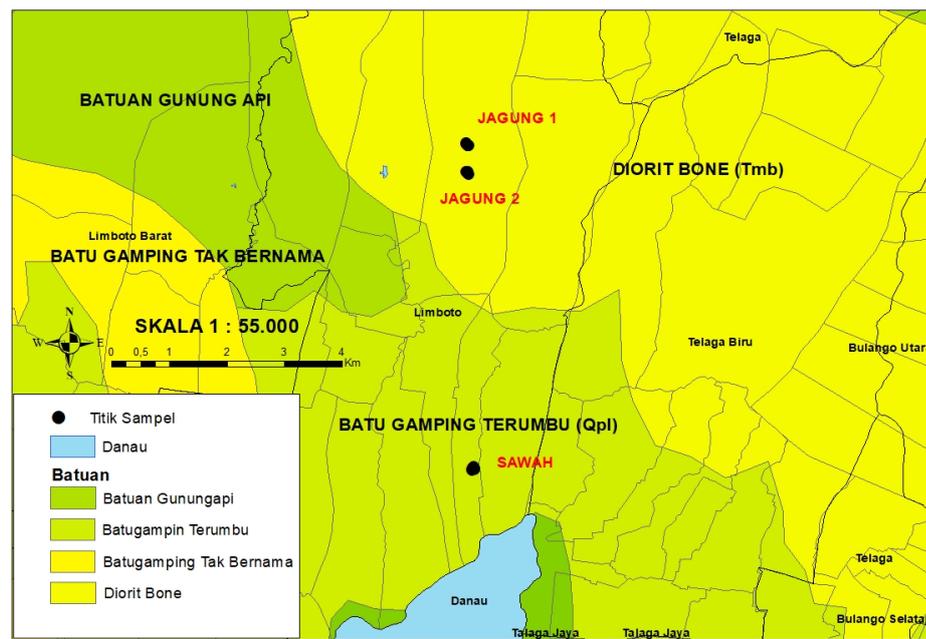
Disisi lain ditemukan juga unsur besi (Fe) pada lokasi lahan sawah dan jagung. Bahkan presentasi terbesarnya berada pada lahan jagung 1 titik J1T2 yaitu sebesar 29,47% dan yang paling rendah berada pada lahan jagung 2 titik J2T2 berkisar 17,05%. Tingginya kandungan Fe di tanah pertanian jagung 1 menunjukkan bahwa kandungan mineral magnetik bersifat ferromagnetik. Pernyataan ini didukung oleh Dearing (1999) yang menyatakan bahwa unsur Fe merupakan unsur yang termasuk dalam logam berat yang bersifat ferromagnetik. Namun yang paling banyak dijumpai dalam batuan yaitu besi titanium oksida. Keluarga besi titanium oksida dianggap sebagai pembawa magnetisasi remanen yang paling dominan. Contoh magnetite ( $Fe_3O_4$ ), hematite ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dan maghemite ( $\gamma-Fe_2O_3$ ). Sebagaimana penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa peningkatan konsentrasi unsur Fe menyebabkan peningkatan konsentrasi mineral magnetik (Tiwow *et al.*, 2018). Bahan ferromagnetik mempunyai sifat:

1. Suseptibilitasnya positif dan jauh lebih besar daripada satu
2. Suseptibilitasnya bergantung pada temperatur



Gambar 3 Struktur domain dalam bahan ferromagnetik (a) tanpa diberi medan magnet luar (b) diberi medan magnet luar (Sumber: Mulyani, 2017).

Pada Gambar 3 terlihat bahan ferromagnetik. Ketika bahan ferromagnetik diberi medan magnet luar, maka momen magnet dalam domain magnet ini akan searah dengan arah medan magnet luar tersebut. Momen-momen magnet ini akan tetap searah walaupun medan magnet luar dihilangkan. Sehingga bahan ini dapat dijadikan magnet permanen (Mulyani, 2017). Bahan ferromagnetik akan kehilangan sifat menjadi paramagnetik apabila dipanaskan di atas temperatur *curie*. Meskipun medan magnetnya dihilangkan, bahan ini masih menyimpan remanen magnetik. Karakteristik seperti inilah yang membuat bahan ferromagnetik mempunyai kemampuan merekam medan magnet purba (Rusli *et al.*, 2014).



Gambar 4 Peta batuan di lokasi sawah dan jagung

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa lahan jagung 1 maupun 2 dikontrol oleh batuan diorit Bone (warna kuning). Menurut Bachri (2016) diorit Bone merupakan batuan yang terdiri dari diorit, diorit kursa, granodiorit, dan adamelit. Satuan litodemik ini menerobos batuan vulkanik Bilungala (Tmb). Menurut Frost & Frost (2008) bahwa kandungan mineral batuan adalah faktor yang mempengaruhi harga suseptibilitas suatu bahan. Disamping itu menurut Dearing (1999) bahwa nilai suseptibilitas magnetik dipengaruhi oleh mineral yang kaya unsur Fe terutama bahan ferromagnetik. Sementara batuan vulkanik plutonik merupakan batuan beku intrusi yang tinggi konsentrasi unsur besi (Fe) karena mineral besi termasuk mineral awal yang terbentuk dalam siklus magmatik hingga mendingin melalui proses kristalisasi (Frost & Frost (2008), Liu *et al* (2012) sehingga unsur besi pada batuan vulkanik-plutonik dapat meningkatkan jumlah mineral magnetik (Yunginger *et al*, 2022). Ini artinya bahwa batuan dasar tanah pertanian jagung 1 dan jagung 2 merupakan batuan yang kaya unsur besi yang berperan meningkatkan jumlah mineral magnetik pada sampel di lokasi penelitian.

Hal ini sesuai dengan hasil uji XRF dimana jagung 1 mempunyai konsentrasi Fe lebih tinggi dibandingkan dengan lahan lainnya. Karena unsur besi dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi mineral magnetik (Ulfa & budiman, 2019). Namun lahan jagung 2 justru memiliki kandungan Fe paling sedikit padahal batuan ini dikontrol oleh batuan vulkanik plutonik. Hal ini karena lahan jagung 2 merupakan lahan yang berada di daerah dataran tinggi yang diduga telah terjadi erosi atau pelapukan batuan dimana menurut Bohn *et al* (2005) bahwa jika mineral mengalami pelapukan lanjut, maka akan terbentuk mineral tanah yang cenderung didominasi oleh Si. Pernyataan ini dibuktikan oleh data yang tertera pada Tabel 2 bahwa lahan jagung 2 memiliki unsur Si paling tinggi dibandingkan dengan lahan lainnya.

Sementara batuan untuk lahan sawah dikontrol oleh batuan batu gamping temburu atau formasi Endapan Danau (Qpl) yang terdiri dari lapisan batu lempung, batu pasir dan kerikil yang memiliki konsentrasi mineral magnetik lebih rendah sehingga lahan sawah memiliki konsentrasi Fe lebih rendah dibandingkan dengan lahan jagung 1. Menariknya konsentrasi Fe pada lokasi lahan sawah relatif lebih tinggi yaitu berkisar 27,41% dibandingkan lokasi lahan jagung 2 yaitu berkisar 17,05%. Padahal batuan dasar di lokasi lahan sawah lebih didominasi oleh batuan Endapan Danau yang merupakan batuan sedimen dibandingkan dengan lokasi lahan jagung 2 yang cenderung dipengaruhi oleh batuan dasar vulkanik-plutonik. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat komponen lain yang turut berkontribusi memperbesar konsentrasi mineral magnetik pada sampel tanah lahan sawah.

Hasil uji XRF juga memperlihatkan adanya kandungan logam berat seperti Timbal (Pb) di lahan pertanian jagung 2 (Tabel 2) khususnya pada titik J2T2 dengan komposisi yang sudah diambang batas yaitu 0,02 % atau 200 ppm dimana menurut baku mutu tanah, besarnya kadar maksimum logam berat timbal (Pb) dalam tanah

untuk penggunaan pertanian adalah 100 ppm. Besarnya kandungan timbal (Pb) dalam tanah mengakibatkan tanaman tercemar melebihi batas maksimum yang diperbolehkan, hal ini sejalan dengan baku mutu tanah (*interim*) terhadap pencemaran logam berat timbal (Pb) untuk penggunaan pertanian. Selain timbal (Pb) juga ditemukan logam berat seng (Zn) pada lahan pertanian sawah dan jagung khususnya pada lahan jagung 2 titik J2T2 yang memiliki komposisi paling tinggi dibandingkan lahan sawah dan jagung 1 yaitu 0,45 % atau 4.555 ppm serta unsur logam berat mangan (Mn) yaitu pada lahan jagung 2 titik J2T2 yang memiliki konsentrasi tertinggi dari lahan lainnya yaitu 1,71% atau 17.100 ppm dan sudah melebihi batas ambang.

## KESIMPULAN

Beberapa komposisi unsur yang mendominasi lahan pertanian jagung dan sawah diantaranya ada silika (Si), besi (Fe), aluminium (Al), kalsium (Ca), titanium (Ti), kalium (K), mangan (Mn). Persentase unsur terbesar yaitu silika (Si) sebesar 60,27% pada lokasi lahan jagung 2 titik J2T2 yang diduga karena lahan jagung merupakan lahan pada daerah dataran tinggi yang telah mengalami erosi dimana mineral yang mengalami pelapukan lanjut, maka akan terbentuk mineral tanah yang cenderung didominasi oleh unsur Si. Si merupakan unsur yang bersifat diamagnetik. Unsur tertinggi selanjutnya besi (Fe) yaitu berkisar 29,47% khususnya pada lokasi lahan jagung 1 titik J1T2, hal ini diduga karena lokasi lahan jagung 1 merupakan batuan yang didominasi oleh batuan vulkanik-plutonik yang dapat meningkatkan konsentrasi mineral magnetik dimana Fe merupakan unsure yang bersifat ferromagnetik yang dapat meningkatkan konsentrasi mineral magnetik. Unsur selanjutnya yaitu aluminium (Al) sebesar 9,10% pada tanah jagung 1 titik J1T1, kalsium (Ca) pada tanah jagung 2 titik J2T2 sebesar 10,03%, titanium (Ti) sebesar 2,31% pada lahan sawah titik ST5 dan kalium (K) sebesar 2,31% pada tanah sawah titik ST5, serta nilai terendah adalah mangan (Mn) sebesar 0,59% pada tanah jagung 2 titik J2T1. Bahkan pada tanah jagung 2 titik J2T2 juga ditemukan beberapa unsur logam berat yang sudah diambang batas sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan khususnya pencemaran pada tanah pertanian yang ada di sekitar Sungai Biyonga Kelurahan Polohungo Kabupaten Gorontalo. Diantaranya yaitu unsur timbal (Pb), seng (Zn) dan mangan (Mn). Unsur logam berat timbal (Pb) sebesar 0,02 % atau 200 ppm, seng (Zn) sebesar 0,45 % atau 4555 ppm dan mangan sebesar 1,71% atau 17.100 ppm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Gorontalo Bapak Drs. Asri Arbie, M.Si yang telah memberikan fasilitasi berupa ruang preparasi dan alat-alat laboratorium untuk proses preparasi sampel tanah pertanian. Selanjutnya terima kasih kepada Kepala Laboratorium Universitas Hassanudin Makassar yang telah mengizinkan dan turut membantu dalam proses pengukuran atau analisis unsur kimia sampel tanah pertanian menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF). Terima kasih juga untuk Ibu Dr. Raghel Yunginger, S.Pd., M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah senantiasa membantu dan memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan artikel sehingga bisa selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani. 2006. *Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Bachri, S. 2006. *Statigrafi Lajur Volcano-Plutonik Daerah Gorontalo, Sulawesi*. Jurnal Sumber Daya Geologi, 6(2), 94–106.
- Bian, Y., Ouyang, T., Zhu, Z., Huang, N., Wan, H., & Li, M. 2014. *Magnetic properties of agricultural soil in the Pearl River Delta, South China—Spatial distribution and influencing factor analysis*. J. Appl. Geophys, **107**: 36–44.
- Bohn, H. L., Mc Neal, B. L., & O'Connor, G. A. 2005. *Soil Chemistry*. Newyork: John Willey & sons.
- Callister, W. D., & D. G. Rethwisch. 2009. *Material Science and Engineering An Introduction Eight Edition*. New York: Oxford University Press Inc.
- Daryanti, N. Y., Zulaikah, S., Mufti, N., & Haryati, D. S. 2018. *Suseptibilitas Magnetik dan Kelimpahan Mineral Magnetik pada Tanah Sawah di Lawang dan Soekarno-Hatta, Malang*. JPSE (Journal of Physical Science and Engineering), 3(2), 48 –54.
- Dearing, J. 1999. *Environmental magnetic susceptibility. Using Bartington MS2 Syst*. Kenilworth: Chi Publ.
- Frost, B. R., & Frost, C. D. 2008. *Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks*. Journal of Petrology, 49(11), 1955–1969.

- Hanani, Y., & Wuryanto, M. A. 2004. *Tingkat Pencemaran Tanah oleh Pestisida di Daerah Pertanian Sayur*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Husna, W., Sudarningsih, S., & Wiyanto, T. 2013. *Identifikasi Mineral Magnetik Abu Terbang (Flay Ash) dan abu dasar (Botom Ash) Sisa Pembakaran BatuBara PLTU Asam-Asam*. Jurnal Fisika Flux, , **10**(1), 28 – 37.
- Khairani, M., Eso, R., & Saifudin, L. 2020. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah dan Laju Evapotranspirasi di Desa Ranohaa, Kecamatan Ranomeeto, Kabupaten Konawe Selatan*. Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika, **5**(3).
- Kucer, N., Sabikoglu, I., & Can, N. 2012. *Measurements of environmental pollution in industrial area using magnetic susceptibility method*. Acta Physica Polonica A, **121**(1), 20–22.
- Liu, Q., Roberts, A. R., Larrasoana, J. C., Banerjee, S. K., Guyodo, Y., Tauxe, L., & Oldfield, F. 2012. *Environmental Magnetism: Principles And Applications*. American Geophysical Union, 12, RG.4002, 1–50.
- Mulyani, Y, T. 2017. *Investigasi Sifat-Sifat Magnetik Alloy  $Co_{(1-x)}Fe_x$  Nanocube dan Nanosphere dalam Variasi Komposisi Fe (x)*. Skripsi, Jember: Universitas Jember.
- Nugroho, B. 2009. *Peningkatan Produksi Padi Gogo dengan Aplikasi Silikat dan Fosfor serta Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Ultisol*. Bogor: IPB Press.
- Nurudin. 2011. *Penggunaan lahan kering di DAS Limboto Provinsi Gorontalo untuk pertanian berkelanjutan*. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian, **3**(30): 98–107.
- Nusantari, E. 2010. *Kerusakan Danau Limboto dan Upaya Konservasi Melalui Pemberdayaan Masyarakat dan Peran Perguruan Tinggi*. Jurnal Pendidikan Biologi, **1**(2)
- Palia, S. 2018. *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi dan Pendapatan Petani Jagung Hibrida di Kecamatan Atinggola Kabupaten Gorontalo Utara*. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo Press.
- Patty, D. J. 2013. *Penentuan Unsur Dalam Rambut Berdasarkan Karakteristik Pola Flouresensi Sinar X (XRF)*. Prosiding FMIPA Universitas Pattimura: 219–225.
- Prasdiatika, R., & S. Susanto. 2016. *Preparasi dan Penentuan Jenis Oksida Besi pada Material Magnetik Pasir Besi Lansilowo*. Jurnal Teknosains: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, **6**(1): 1–15.
- Regita, D. S., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. 2016. *Hubungan Penggunaan dan Penanganan Pestisida pada Petani Bawang Merah Terhadap Residu Pestisida dalam Tanah di Lahan Pertanian Desa Wanasari Kecamatan Wanasari Kabupaten Brebes*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. Universitas Diponegoro, **4**(3): 879–887.
- Rizkika, F., & P. Paloan. 2018. *Analisis Mineral dan Uji Sifat Magnetik Daerah Panas Bumi di Desa Pencon, Gowa*. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika, **14**(1), 89–97.
- Rusli, N. G. D., Hamdi., & Mufit, F. 2014. *Kaitan Komposisi Unsur Dasar Penyusun Mineral Magnetik dengan Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano dari Guan Bau-Bau Kalimantan Timur*. Pillar Of Physics, **4**, 49–56.
- Sidabutar, P., Yusmini, Y., & Yusri, J. 2014. *Analisis Usaha Tani Jagung (Zea Mays) di Desa Dosroha Kecamatan Simanindo Kabupaten Samosir Provinsi Sumatera Utara*. Pekanbaru: Universitas Riau Press.
- Sulistiawaty, S., Tiwow, V. A., & Usman, U. 2021. *Analisis Sifat Magnetik Residu Tanah Pertanian sebagai Solusi Menjaga Ketahanan Pangan*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian 2021. Universitas Negeri Makasar, 1728–1734.
- Tiwow, V.A., Subaer, Sulistiawaty, Malago, J.D., Rampe, M. J., & Lapa, M. 2021. *Magnetic Susceptibility of Surface Sediment in the Tallo Tributary of Makassar City*, Journal of Physics: Conference Series, **1899**(1), 012124.
- Ulfa, Y, S., & Budiman, A. 2019. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Pada Lahan Perkebunan Kopi di Kabupaten Solok*. Jurnal Fisika Unand, **8**(3), 219–225 .
- Yunginger, R. 2021. *Investigasi Sumber Mineral pada Sedimen Sungai Biyonga Sebagai Inlet Danau Limboto Menggunakan Parameter Suseptibilitas Magnetik*. Laporan Penelitian. Gorontalo: UNG.
- Yuniarti, A., Nurmala, T., Solihin, E., & Syahfitri, N. 2017. *Pengaruh Dosis Pupuk Silika Organik Terhadap Silika Tanah dan Tanaman, Pertumbuhan dan Hasil Hanjeli*. Jurnal Agrosains dan Teknologi, **2**(2), 81–94.