

ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH TPA ANTANG MAKASSAR BERDASARKAN KEDALAMAN

Mulyana¹⁾, Vistarani Arini Tiwow¹⁾, Sulistiawary¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

Corresponding author : Vistarani Arini Tiwow
E-mail : vistatiwow@unm.ac.id

Diterima 02 Oktober 2022, Direvisi 26 Oktober 2022, Disetujui 27 Oktober 2022

ABSTRAK

Analisis suseptibilitas magnetik pada tanah di TPA Antang Makassar berdasarkan kedalaman telah dilakukan. Studi ini bertujuan untuk menganalisis jenis mineral magnetik, domain magnetik, dan sumber mineral magnetik. Suseptibilitas magnetik diukur menggunakan alat *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter* dengan *sensor MS2B* yang bekerja pada dua frekuensi. Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan dengan mengambil sampel pada lima titik dengan variasi kedalaman hingga 0-80 cm dari permukaan tanah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik di TPA Antang bervariasi $2,097 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ hingga $33,523 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi pada rentangan 2,51% hingga 6,51%. Sampel tanah diindikasikan mengandung mineral magnetik yang bersifat antiferomagnetik dan paramagnetik. Domain magnetik pada sampel tanah adalah superparamagnetik (SP) dan *stable single domain* (SSD). Sumber mineral magnetik dominan berasal dari aktivitas manusia (antropogenik).

Kata kunci: TPA; tanah; suseptibilitas magnetik; mineral magnetik; antropogenik.

ABSTRACT

Magnetic susceptibility analysis of soil at TPA Antang Makassar based on depth has been carried out. This study aims to analyze the types of magnetic minerals, magnetic domains, and sources of magnetic minerals. Magnetic susceptibility was measured using a *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter* with an *MS2B* sensor that works on two frequencies. Magnetic susceptibility measurements were carried out by taking samples at five points with depth variations up to 0-80 cm from the ground surface. Measurement results show that the magnetic susceptibility values in Antang landfill varied from $2.097 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ to $33.523 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ and the magnetic susceptibility was frequency dependent in the range of 2.51% to 6.51%. Soil samples are indicated to contain magnetic minerals that are antiferromagnetic and paramagnetic. The magnetic domains in the soil samples are superparamagnetic (SP) and *stable single domain* (SSD). The dominant source of magnetic minerals comes from human activities (anthropogenic).

Keywords: landfill; soil; magnetic susceptibility; magnetic mineral; anthropogenic.

PENDAHULUAN

Tempat pembuangan akhir (TPA) Antang merupakan tempat pembuangan akhir sampah satu-satunya yang disediakan oleh pemerintah Kota Makassar. Menurut salah seorang warga yang bekerja di pos TPA, pada awalnya TPA yang ada di Kota Makassar ini berada di Tanjung Alam karena kurangnya lahan di daerah tersebut maka TPA dipindahkan ke Antang pada tahun 1993 yang notabenehnya dahulu itu jauh dari permukiman warga. Seiring berkembangnya kota dan semakin sempitnya lahan karena penambahan penduduk sehingga banyak warga bermukim di sekitar TPA tanpa memikirkan dampak yang dapat ditimbulkan dari TPA. Layanan TPA ini hampir mencakup seluruh sampah yang ada di

Kota Makassar. TPA ini merupakan salah satu contoh TPA yang menerapkan sistem *open dumping* sehingga dapat menimbulkan bau dan pencemaran pada tanah melalui rembesan air lindi ke dalam tanah.

Salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh pemerintah daerah adalah pengelolaan sampah. Kebanyakan kota di Indonesia, membuang sampah di tempat pembuangan akhir (TPA), sampah padat dibuang dan diproses sebagai sanitasi sampah padat. Sayangnya, proses ini akan menghasilkan lindi sebagai produk sampingan (K. Kirana *et al.*, 2011). Kenyataan yang tidak dapat dipungkiri sekarang adalah semakin sempitnya lokasi untuk pembuangan akhir sampah yang ada di kota-kota besar. Salah

satunya ada di Kota Makassar Sulawesi Selatan yang belum memenuhi kriteria sebagai tempat pembuangan sampah yang aman. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah padat perkotaan adalah lindi. TPA merupakan sumber kontaminasi sampah berupa air lindi akibat pembusukan dari sampah yang menumpuk (Hakim *et al.*, 2014).

Lindi dapat mempengaruhi lingkungan TPA dan sekitarnya sehingga menyebabkan pencemaran pada tanah maupun lapisan air tanah. Tanah telah dipelajari dalam studi magnetik lingkungan karena lingkungan merupakan sumber kehidupan bagi setiap makhluk hidup baik hewan, tumbuhan maupun manusia yang hidup di dalamnya (Tiwow *et al.*, 2022). Peningkatan magnetik lapisan sedimen tanah dikarenakan masukan partikel magnetik dan hubungannya dengan peningkatan beberapa resiko elemen (RE). Untuk penilaian pencemaran tanah, salah satu parameter yang biasa digunakan dalam studi kemagnetan adalah suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi (χ_{FD}). Pengukuran suseptibilitas magnetik dapat dilakukan dengan mudah, murah, cepat, dan tanpa merusak material (Arsyad *et al.*, 2022; Bijaksana *et al.*, 2013; Tiwow *et al.*, 2021) yang mencerminkan konsentrasi feromagnetik. Ini didasarkan pada sumber pengendapan partikel magnetik antropogenik dan RE (Dlouhá *et al.*, 2013).

Suseptibilitas magnetik juga dapat digunakan untuk menentukan indikasi kandungan mineral magnetik di alam yang ditandai dengan adanya unsur kimia Fe umumnya bersifat ferrimagnetik yang dominan serta dapat digunakan sebagai indikator kondisi lingkungan (Iswanto & Zulaikah 2019). Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan studi analisis suseptibilitas magnetik pada tanah di sekitar TPA Antang berdasarkan variasi kedalaman. Pada studi ini dilakukan analisis jenis mineral magnetik, domain magnetik, dan sumber mineral magnetik.

METODE PENELITIAN.

Pengambilan dan Preparasi Sampel

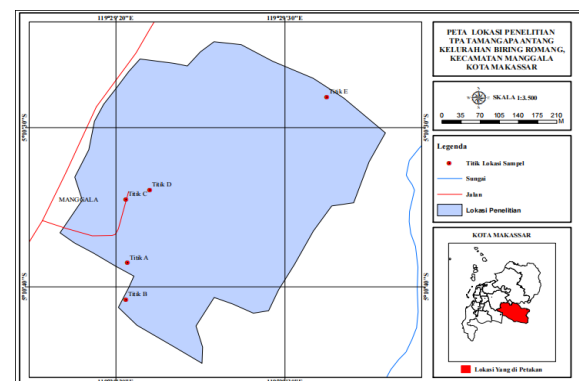
Dalam studi ini digunakan metode suseptibilitas magnetik untuk membedakan kondisi lingkungan tertentu. Sampel tanah yang akan diteliti berasal dari tanah yang ada di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa Antang, Kelurahan Biring Romang, Kecamatan Manggala, Kota Makassar, Sulawesi Selatan (Gambar 1). Sampel diambil secara random di 5 titik pada 3 zona (Tabel 1). Pada setiap titik diambil sampel pada kedalaman 0,5 m sampai 0,8 m dari permukaan tanah menggunakan alat *Hand Bor*. Sampel dimasukkan pada plastik penyimpan

sementara (*holder*). Kemudian sampel dikeringkan selama kurang lebih satu minggu untuk menghilangkan kadar air pada sampel. Sampel yang telah kering digerus hingga halus, diayak menggunakan ayakan 100 mesh, ditimbang sebesar 20 g untuk tiap sampel yang berjumlah 30, dan selanjutnya siap untuk dilakukan pengujian suseptibilitas magnetik.

Pengukuran Suseptibilitas Magnetik

Pengukuran suseptibilitas magnetik yaitu sampel tanah yang telah dipreparasi dimasukkan kedalam plastik lalu dikemas dalam sampel holder plastik dengan ukuran 2,2 cm dan diameter 2,54 cm. Sampel yang telah dikemas tersebut kemudian diukur nilai suseptibilitas magnetiknya menggunakan alat Bartington MS2 *Susceptibility Meter* dengan sensor MS2B (*Bartington Instrument Ltd., Oxford, United Kingdom*) yang bekerja pada dua frekuensi yaitu 470 Hz untuk frekuensi rendah (χ_{LF}) dan 4700 Hz untuk frekuensi tinggi (χ_{HF}) (Sandi *et al.*, 2021; Tiwow *et al.*, 2018). Rasio pengukuran pada kedua frekuensi diekspresikan sebagai *frequency-dependent susceptibility* (χ_{FD}) (Dearing *et al.*, 1996) yang dituliskan sebagai:

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



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel (Sumber: Arcgis, 2022)

Tabel 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel.

Kode Sampel	Titik Koordinat	
	Latitude	Longitude
A	05°10'34,5"	119°29'20,6"
B	05°10'38,5"	119°29'20,7"
C	05°10'40,8"	119°29'20,6"
D	05°10'33,9"	119°29'22,0"
E	05°10'28,1"	119°29'32,5"

Analisis Sifat Magnetik

Nilai suseptibilitas magnetik hasil pengukuran disesuaikan nilainya dengan nilai suseptibilitas magnetik berdasarkan Dearing untuk menentukan sifat mineral magnetik yang

terkandung pada sampel (Dearing, 1999). Interpretasi nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi berdasarkan Dearing untuk menentukan estimasi konsentrasi mineral superparamagnetik (SP) dan domain magnetik. Selain itu, hubungan $\chi_{FD} - \chi_{LF}$ untuk menentukan sumber mineral magnetik (Dearing, 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah

Tingginya nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah mengindikasikan tinggi pula kandungan mineral magnetik pada sampel tanah di TPA. Nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah lebih tinggi dibandingkan dengan suseptibilitas magnetik pada frekuensi tinggi. Pengukuran yang dilakukan pada dua frekuensi diterapkan pada medan magnet bolak balik, umumnya digunakan untuk mendeteksi keberadaan

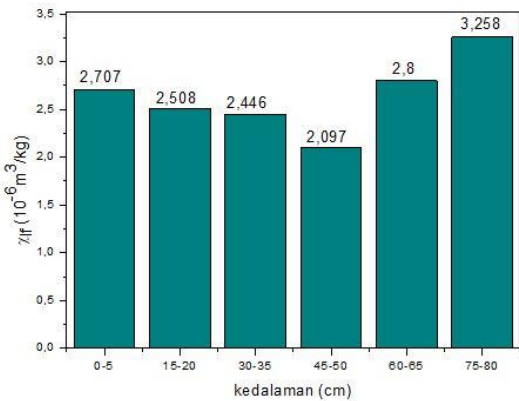
mineral ultrafine-ferrimagnetik (superparamagnetik fraksinya kurang dari 0,03 μm) yang terjadi sebagai kristal dan sampai batas domain tertentu (kira-kira fraksi lebih besar dari 0,03 sampai kurang dari 0,06 μm) pengukuran frekuensi yang lebih tinggi tidak memungkinkan butir superparamagnetik (Dearing, 1999).

Nilai hasil pengukuran suseptibilitas magnetik tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Sampel tanah di TPA Antang memiliki nilai suseptibilitas magnetik dengan rentang $2,097 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai dengan $33,523 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$. Hasil interpretasi bahwa pada sampel mengandung mineral magnetik yang bersifat antiferomagnetik dan paramagnetik. Nilai suseptibilitas magnetik tanah di TPA Antang pada setiap titik direpresentasikan dalam bentuk diagram batang. Sampel di titik E memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang cukup tinggi.

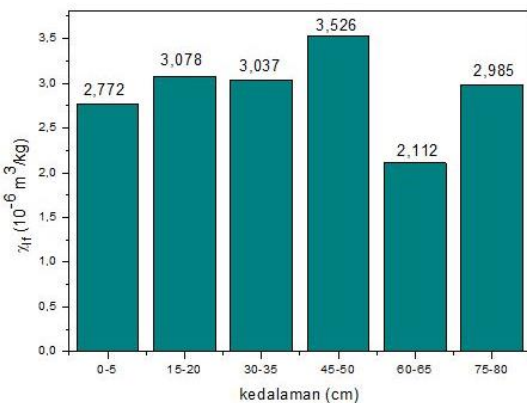
Tabel 2. Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel Tanah TPA Antang.

Titik	Kedalaman (cm)	Kode Sampel	Nilai Suseptibilitas Magnetik		
			$\chi_{LF} (\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg})$	$\chi_{HF} (\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg})$	$\chi_{FD} (\%)$
A	0-5	A1	2,707	2,609	3,63
	15-20	A2	2,508	2,421	3,46
	30-35	A3	2,446	2,374	2,93
	45-50	A4	2,097	1,989	5,12
	60-65	A5	2,830	2,691	4,90
	75-80	A6	3,258	3,141	3,59
B	0-5	B1	2,772	2,679	3,35
	15-20	B2	3,078	2,978	3,24
	30-35	B3	3,037	2,951	2,83
	45-50	B4	3,526	3,397	3,64
	60-65	B5	2,112	2,057	2,61
	75-80	B6	2,985	2,875	3,69
C	0-5	C1	2,966	2,835	4,42
	15-20	C2	2,486	2,410	3,06
	30-35	C3	2,558	2,486	2,80
	45-50	C4	2,419	2,358	2,51
	60-65	C5	3,415	3,285	3,80
	75-80	C6	2,717	2,630	3,19
D	0-5	D1	2,846	2,694	5,35
	15-20	D2	2,878	2,788	3,12
	30-35	D3	4,190	4,023	3,99
	45-50	D4	2,756	2,659	3,52
	60-65	D5	3,258	3,092	5,09
	75-80	D6	3,334	3,162	5,17
E	0-5	E1	33,523	31,340	6,51
	15-20	E2	33,112	31,404	5,16
	30-35	E3	25,869	24,590	4,94
	45-50	E4	29,130	27,328	6,18
	60-65	E5	25,762	24,188	6,11
	75-80	E6	21,455	20,278	5,48

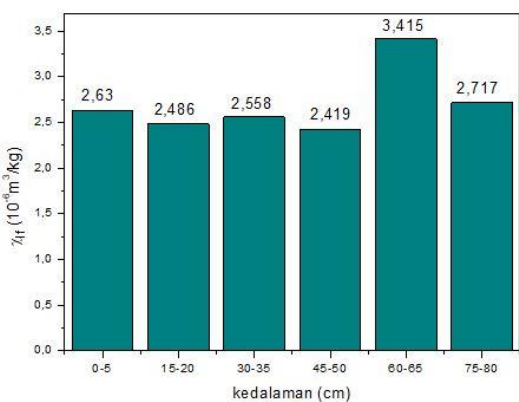
Gambar 2 sampai Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan suseptibilitas magnetik dengan kedalaman pada titik A sampai titik E. Pada titik A, nilai suseptibilitas magnetik tanah terendah pada kedalaman 45-50 cm yaitu sebesar $2,097 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada kedalaman 75-80 cm yaitu sebesar $3,258 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$.



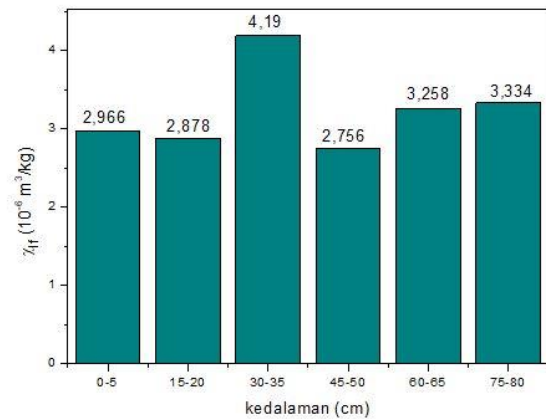
Gambar 2. Hubungan Suseptibilitas Magnetik dengan Kedalaman pada Titik A



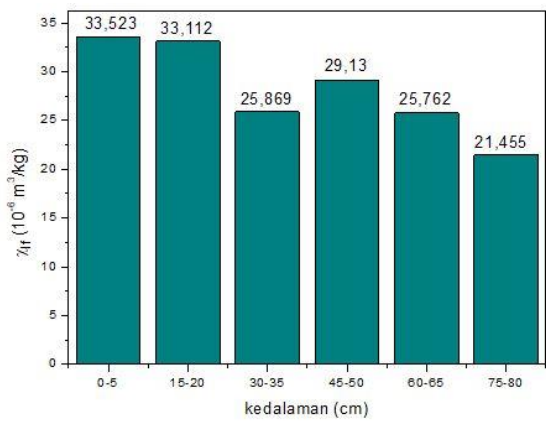
Gambar 3. Hubungan Suseptibilitas Magnetik dengan Kedalaman pada Titik B



Gambar 4. Hubungan Suseptibilitas Magnetik dengan Kedalaman pada Titik C



Gambar 5. Hubungan Suseptibilitas Magnetik dengan Kedalaman pada Titik D



Gambar 6. Hubungan Suseptibilitas Magnetik dengan Kedalaman pada Titik E

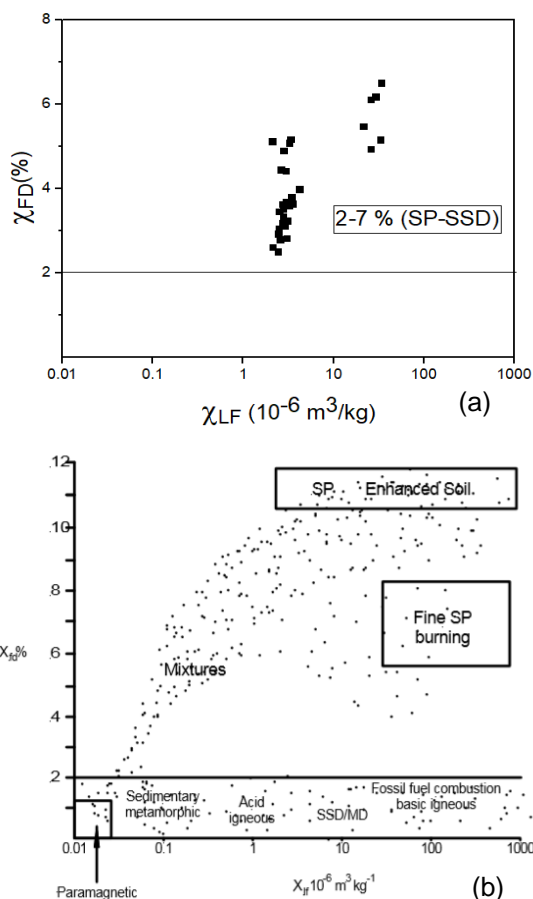
Pada titik B, nilai suseptibilitas magnetik tanah terendah pada kedalaman 60-65 cm yaitu sebesar $2,112 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada kedalaman 45-50 cm yaitu sebesar $3,526 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pada titik C, nilai suseptibilitas magnetik tanah terendah pada kedalaman 45-50 cm yaitu sebesar $2,419 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada kedalaman 60-65 cm yaitu sebesar $3,415 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pada titik D, nilai suseptibilitas magnetik tanah terendah pada kedalaman 45-50 cm yaitu sebesar $2,756 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada kedalaman 30-35 cm yaitu sebesar $4,190 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$.

Pada titik E, nilai suseptibilitas magnetik tanah terendah pada kedalaman 75-80 cm yaitu sebesar $21,455 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada kedalaman 0-5 cm yaitu sebesar $33,523 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai suseptibilitas magnetik dalam sampel tanah pada kelima titik tersebut cukup tinggi.

Sampel tanah dari 3 lokasi di TPA Antang diambil sebanyak 5 titik masing-masing kedalamannya 0-80 cm memiliki nilai

suseptibilitas magnetik berkisar $2,097 \times 10^{-6}$ m^3/kg sampai dengan $33,523 \times 10^{-6}$ m^3/kg . Nilai suseptibilitas magnetik tanah yang paling rendah yaitu $2,097 \times 10^{-6}$ m^3/kg berada pada titik A dengan kedalaman 45-50 cm. Hal ini disebabkan oleh sampel yang diambil pada lokasi pertama dimana lokasi tersebut merupakan lokasi penimbunan sampah baru diduga memiliki konsentrasi Fe rendah sehingga mineral magnetik yang terkandung juga rendah.

Sedangkan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi yaitu $33,523 \times 10^{-6}$ m^3/kg berada pada titik E dengan kedalaman 0-5 cm yang mengindikasikan bahwa konsentrasi Fe pada kedalaman tersebut cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh sampel yang diambil pada lokasi kelima merupakan lokasi penimbunan sampah lama. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik mengindikasikan adanya akumulasi mineral magnetik dengan konsentrasi atau jumlah yang cukup tinggi (Kirana *et al.*, 2014).



Gambar 7. Perbandingan Skema Distribusi Sampel yang Berkaitan dengan Kandungan Bulir Magnetik dan Sumber Mineral (a) Sampel Tanah TPA Antang dan (b) (Dearing, 1999)

Gambar 7 menunjukkan hubungan χ_{FD} dengan χ_{LF} sampel tanah TPA Antang,

Grafik ini menggambarkan sebaran domain dan sumber mineral magnetik. Nilai χ_{FD} pada rentang 2,51-6,51% menunjukkan bahwa domain pada sampel adalah superparamagnetik (SP) dan *stable single domain* (SSD). Jika Gambar 7a dibandingkan dengan Gambar 7b maka dapat diinterpretasi bahwa mineral magnetik yang terkandung pada sampel tanah di TPA Antang berasal dari pedogenesis, bakteri magnetosome, pembakaran, dan biogenik (Dearing, 1999). Sumber mineral dari pedogenesis yaitu proses perubahan tanah disebabkan oleh faktor geologi. Geologi daerah penelitian tersusun atas batuan aluvium dan batuan sedimen. Bakteri magnetosome berasal dari hasil reaksi atau pembusukan. Aktivitas pembakaran sampah yang dilakukan oleh manusia pada lokasi penelitian. Biogenik berasal dari aktivitas organisme yang mengubah sedimen kuarter sebagai gas biogenik (Darlan & Sahudin, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa nilai disetiap titik pengambilan sampel memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan, sumber pencemarnya juga berbeda, di zona pertama, diduga berasal dari limbah rumah tangga, yang belum sepenuhnya mengalami pembusukan. begitupun pada zona kedua merupakan penimbunan sampah yang agak lama dibanding yang zona pertama, dan zona ketiga merupakan penimbunan sampah yang lama, dan sumber pencemarnya diduga cukup banyak mengandung besi dan hasil pembakaran sehingga memiliki nilai suseptibilitas magnetiknya cukup tinggi dibandingkan zona pertama dan kedua.

Studi ini memiliki kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Tiyurma & Budiman, 2020). Nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (χ_{LF}) berkisar antara $120,2 \times 10^{-8}$ m^3/kg dan $458,5 \times 10^{-8}$ m^3/kg dengan rata-rata $209,86 \times 10^{-8}$ m^3/kg . Nilai suseptibilitas magnetik terhadap χ_{FD} (%) menunjukkan bahwa hampir keseluruhan sampel memiliki nilai χ_{FD} (%) di atas 2,00 %. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki kandungan bulir superparamagnetik. Sama halnya penelitian yang dilakukan oleh (Tiwow & Rampe, 2022) menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik sedimen berkisar 47,7 sampai $968,7 \times 10^{-8}$ m^3/kg . Nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi berkisar 0,49-4,19%. Hasil menunjukkan domain mineral magnetik pada sampel yaitu MD, SP, dan SSD dimana mineral magnetik berasal dari pedogenik dan antropogenik.

SIMPULAN DAN SARAN

Nilai suseptibilitas magnetik tanah di sekitar TPA Antang bervariasi dengan rentang $2,097 \times 10^{-6}$ m³/kg hingga $33,523 \times 10^{-6}$ m³/kg mengindikasikan sampel mengandung mineral magnetik yang bersifat antiferomagnetik dan paramagnetik. Sementara, nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi pada rentang 2,51% hingga 6,51% mengindikasikan domain magnetik adalah superparamagnetik (SP) dan *stable single domain* (SSD). Sumber mineral diindikasikan berasal dari pedogenesis, bakteri magnetosome, pembakaran, dan biogenik. Studi ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan pengujian pendukung seperti *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) untuk memperoleh kandungan mineral pada sampel.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar dalam memberikan ijin penelitian di TPA Antang. Terima kasih kepada Muh Andry, Imam Ashari, Syahrul Ramadan, Anastacya Haplin, Nur Azizah, Dian Mukarramah, dan Nur Rahmi yang telah membantu dalam pengambilan sampel. Terima kasih kepada Juliati, Novika Asti, dan Herlina Bunga yang telah membantu dalam preparasi sampel. Terima kasih juga kepada Ibu Ramlia sebagai operator alat *Bartington Susceptibility Meter MS2B* yang telah membantu dalam pengolahan data suseptibilitas magnetik.

DAFTAR RUJUKAN

- Arsyad, M., Tiwow, V. A., Rampe, M. J., & Rampe, H. L. (2022). Relationships of Magnetic Properties and Heavy Metals Content of Guano in Bat Cave, South Sulawesi, Indonesia. *Karbala International Journal of Modern Science*, 8(3), 406–414. <https://doi.org/10.33640/2405-609X.3254>
- Bijaksana, S., Huliselan, E., Safiuddin, L. O., Fitriani, D., Tamuntuan, G., & Agustine, E. (2013). Rock Magnetic Methods in Soil and Environmental Studies: Fundamentals and Case Studies. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6(December), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.001>
- Darlan, Y., & Sahudin. (2012). Gas Biogenik dan Unsur Mineral pada Sedimen Delta Kapuas Kalimantan Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*, 10(3), 133–146. <https://doi.org/10.32693/jgk.10.3.2012.222>
- Dearing, J. (1999). *Environmental Magnetic*

Susceptibility Using the Bartington MS2 System. British Library Cataloguing in Publication Data.

- Dearing, J. A., Dann, R. J. L., Hay, K., Lees, J. A., Loveland, P. J., Maher, B. A., & O'Grady, K. (1996). Frequency-Dependent Susceptibility Measurements of Mnvironmental Materials. *Geophysical Journal International*, 124(1), 228–240. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1996.tb06366.x>
- Dlouhá, Š., Petrovsky, E., Kapicka, A., Boruvka, L., Ash, C., & Drábek, O. (2013). Investigation of Polluted Alluvial Soils by Magnetic Susceptibility Methods: A Case Study of the Litavka River. *Soil and Water Research*, 8(4), 151–157. <https://doi.org/10.17221/14/2013-swr>
- Hakim, A. R., Susilo, A., & Maryanto, S. (2014). Indikasi Penyebaran Kontaminan Sampah Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus: TPA Supit Urang, Malang). *Natural B*, 2(3), 281–289. <https://doi.org/10.21776/ub.natural-b.2014.002.03.13>
- 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), 044087. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044087>
- Kirana, K., Aufa, N., Huliselan, E., & Bijaksana, S. (2011). Magnetic and Electrical Properties of Leachate. *ITB Journal of Science*, 43 A(3), 165–178. <https://doi.org/10.5614/itbj.sci.2011.43.3.2>
- Kirana, K. H., Fitriani, D., Supriyana, E., & Agustine, E. (2014). Sifat Magnetik Sedimen Sungai Sebagai Indikator Pencemaran (Studi Kasus: Sungai Citarum Kabupaten Karawang). *Jurnal Spektra*, 15(2), 99–101.
- Sandi, I. A., Fauzan, M. F. A., Fitriani, Rampe, M. J., & Tiwow, V. A. (2021). A Review of the Magnetic Susceptibility of Guano Deposits in Caves. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1), 012125. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012125>
- 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. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012124>

- Tiwow, V. A., & Rampe, M. J. (2022). Studi Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi pada Sedimen Sungai Kota Makassar. *Jurnal Fisika Unand*, 11(4), 474–481.
<https://doi.org/10.25077/jfu.11.4.474-481.2022>
- Tiwow, V. A., Rampe, M. J., & Arsyad, M. (2018). Kajian Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi terhadap Pasir Besi Kabupaten Takalar. *Sainsmat*, 7(2), 136–146.
<https://doi.org/10.35580/sainsmat7273662018>
- Tiwow, V. A., Rampe, M. J., & Sulistiawaty, S. (2022). Suseptibilitas Magnetik dan Konsentrasi Logam Berat Sedimen Sungai Tallo di Makassar. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(1), 60–66.
<https://doi.org/10.35799/jis.v22i1.38681>
- Tiyurma, A., & Budiman, A. (2020). Analisis Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Permukaan Daerah Potensi Longsor di Bukit Gado-Gado Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 9(2), 209–216.
<https://doi.org/10.25077/jfu.9.2.209-216.2020>