



# Kajian Morfologi Mineral Magnetik Tanah Permukaan Dari Daerah Industri Di Banjarmasin

Sudarningsih Sudarningsih<sup>1\*</sup>, Ibrahim Ibrahim<sup>2</sup>, Tetti Novalina Manik<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia.

DOI: 10.29303/goescienceed.v6i1.434

## Article Info

Received: 1 September 2024

Revised: 4 November 2024

Accepted: 5 November 2024

Correspondence:

Phone:

**Abstract:** Penelitian untuk mengidentifikasi morfologi mineral magnetik dari tanah kawasan industri daerah Banjarmasin telah dilakukan. Sampel tanah tersebut dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X Ray Spectroscopy* (SEM EDS) untuk mengetahui morfologi mineral magnetiknya. Keberadaan mineral magnetik di alam dapat menunjukkan kehadiran logam berat. Bentuk mineral magnetik pada sampel daerah penelitian didominasi oleh bentuk bulat sempurna dan bulat tidak sempurna yang diduga merupakan hasil proses antropogenik. Ukuran dari bulir mineral magnetiknya adalah multidomain ( $\geq 11-118,8 \mu\text{m}$ ) dan pseudo single domain ( $\leq 3,7-9,5 \mu\text{m}$ ).

**Keywords:** mineral magnetik, antropogenik, magnetit, SEM, EDS

**Citation:** Sudarningsih, Ibrahim, Manik, T., N. (2025). Kajian Morfologi Mineral Magnetik Tanah Permukaan Dari Daerah Industri Di Banjarmasin. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)* 6(1), 70-74.

## Latar Belakang

Identifikasi mineral magnetik untuk menginterpretasikan polusi di lingkungan telah dilakukan sejak tahun 1980-an (Thompson & Oldfield, 1986). Interpretasi keberadaan polutan di tanah dengan menggunakan mineral magnetik telah banyak dilakukan di beberapa tempat (Barrios et al., 2017; César de Mello et al., 2020; Horng, Huh, Chen, & Huang, 2009; Li et al., 2019; Wang, Xue, & Zhu, 2021). Sementara itu penggunaan morfologi mineral magnetik, telah banyak digunakan dalam kajian lingkungan seperti pada sedimen Sungai Danube, Bulgaria (Veneva, Hoffmann, & Jordanova, 2003), sedimen Sungai Dobra (Kroasia) pada daerah kars (Frančišković-Bilinski, Bilinski, Scholger, Tomašić, & Maldini, 2014), tanah akibat debu industri di Jerman (Rachwał, Kardel, Magiera, & Bens, 2017), tanah yang terletak di lembah Sungai Brynica (Polandia) akibat aktivitas penambangan (Magiera, Mendakiewicz, Szuszkiewicz, Jabłońska, & Chróst, 2016), debu di Jalan raya dari daerah Visakhapatnam (India) akibat

industri dan aktivitas Jalan raya (Goddu, Appel, Jordanova, & Wehland, 2004), dan lindi yang berasal dari tempat pembuangan akhir di Kabupaten Bandung (Bijaksana & Huliselan, 2010). Penggunaan Oksida besi karena oksida besi dapat mengalami perubahan baik secara morfologi maupun komposisi akibat perubahan lingkungan, dan dapat menduga asal sumber polutan (Bijaksana & Huliselan, 2010). Hal ini dibuktikan dengan adanya adanya perbedaan morfologi oksida besi pada debu dan abu terbang yang disebabkan oleh proses pembakaran baik yang dihasilkan di daerah industri maupun yang berasal dari kendaraan bermotor (Evans, Howarth, & Nombela, 2003; N. Jordanova et al., 2013; Kirana et al., 2020; Lehndorff, Urbat, & Schwark, 2006; Sudarningsih et al., 2023). Perbedaan morfologi oksida besi yang mengindikasikan adanya pencemaran akibat aktivitas manusia, juga ditemukan pada sedimen sungai (D. Jordanova, Hoffmann, & Fehr, 2004), sedimen laut (Horng et al., 2009), sedimen danau (Yunginger et al.,

Email: sudarningsih@ulm.ac.id

2018), tanah (Lee et al., 2020), dan air lindi (Kristian, Bijaksana, Srigutomo, & Kardena, 2010).

Peningkatan kandungan logam dalam tanah umumnya diamati di daerah dengan aktivitas industri yang intens. Akumulasi logam di area ini beberapa kali lebih tinggi dibandingkan area yang tidak terkontaminasi. Oleh karena itu, pemantauan perubahan ini dan penentuan kontaminasi pada tanah menjadi penting. Kandungan logam berat pada tanah kawasan industrialisasi di Banjarmasin tingkat pencemarannya, dan sumber pencemarannya belum diteliti. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi mineral magnetik baik morfologi dan jenisnya pada tanah di daerah industri Banjarmasin agar dapat mengetahui sumbernya.

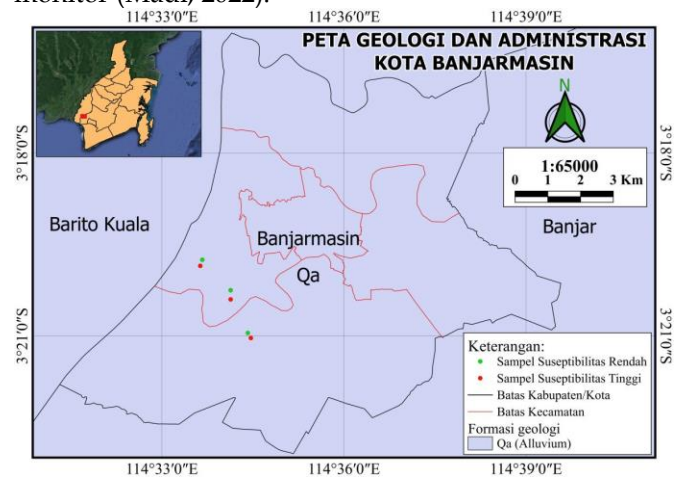
**Metode Penelitian**

Secara geografis, Kota Banjarmasin berada pada 3°16'46" hingga 3°22'54" Lintang Selatan dan 114°31'40" hingga 114°39'55" Bujur Timur. Wilayah Kota Banjarmasin dikelilingi oleh beberapa sungai yaitu Sungai Barito, Sungai Martapura, Sungai Awang, dan Sungai Kuin. Secara administratif, Kota Banjarmasin memiliki luas wilayah sebesar 98,47 Km<sup>2</sup> atau 9.846,794 ha.

Menurut peta geologi lembar Banjarmasin (Sikumbang & Heryanto, 1994) formasi batuan yang terdapat pada daerah Kota Banjarmasin yaitu Alluvium (Qa) yang dibentuk oleh kerikil, pasir, lanau, lempung, dan lumpur. Disamping itu juga banyak dijumpai sisa-sisa tumbuhan serta gambut pada kedalaman tertentu (Gambar 1).

Sampel tanah diambil menggunakan sekop berbahan stainless dan dimasukkan ke dalam plastik klip mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Gu et al (Gu, Gao, & Lin, 2016). Sampel di preparasi di laboratorium Geofisika FMIPA ULM mengikuti prosedur oleh Novala et al (Novala et al., 2019) yang meliputi pengeringan sampel dan pengestraksian sampel menggunakan pengaduk magnetik. Sampel hasil ekstraksi kemudian dianalisis menggunakan instrumen SEM-EDS untuk menentukan morfologi mineral magnetiknya. Prinsip kerja dari alat uji SEM yaitu Electron beam dihasilkan oleh sebuah filamen pada electron gun. Pada umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berupa kawat tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada filamen mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda akan membentuk gaya yang menarik elektron menuju ke anoda. Kemudian, elektron beam akan difokuskan ke suatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah condenser lens. Condenser lens berfungsi memfokuskan beam dengan diameter sangat kecil sekitar 10-20 nm. Elektron yang

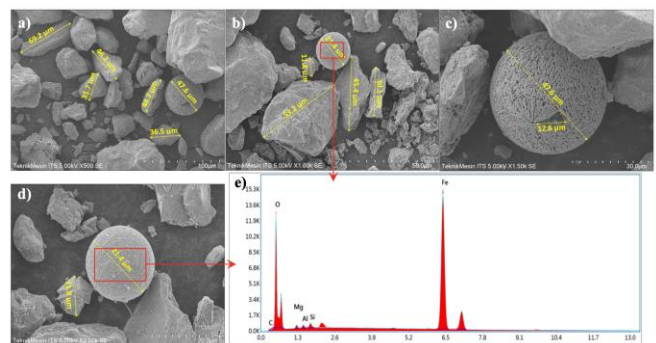
menumbuk spesimen ini kemudian akan mengakibatkan emisi elektron, kemudian terhambur secara inelastis dan elastis. Berasal dari hamburan inelastik didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar-X atau disebut Secondary Electron, sedangkan dari hamburan elastis didapatkan sinyal Backscattered Electron. Hamburan elektron, baik Secondary Electron atau Backscattered Electron dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar monitor (Madi, 2022).



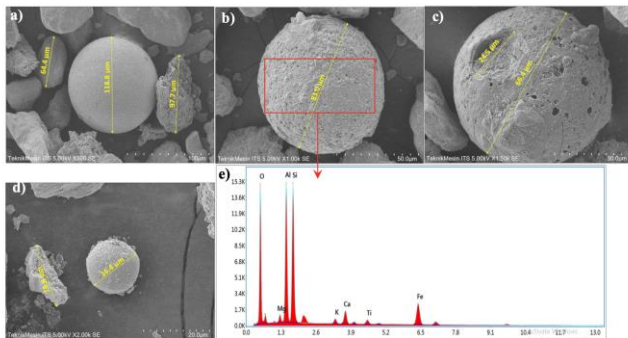
**Gambar 1.** Peta Kondisi Geologi dan Administrasi Daerah Penelitian (dimodifikasi dari Sikumbang & Heryanto, (1994) (Sikumbang & Heryanto, 1994))

**Hasil dan Diskusi**

Gambar 2 menunjukkan morfologi mineral magnetik sampel. Hasil uji SEM-EDS tersebut menunjukkan bentuk bulir mineral magnetik bulat sempurna, bulat tidak sempurna, bersudut, tidak teratur, dan terlihat jelas rekahan pada permukaan bulir. Sampel tersebut memiliki ukuran bulir berkisar 11,8–69,2 μm. Selain itu, terdapat rekahan yang berukuran 12,6 μm. Melalui uji EDS diketahui unsur yang berasosiasi dengan mineral magnetik berbentuk bulat sempurna adalah Fe, O, Mg, Al dan Si (Gambar 2(e)).



**Gambar 2.** Bentuk dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik Sampel Lokasi 1 (a) Perbesaran 5.00 kV × 500 (b) Perbesaran 5.00kV × 1000 (c) Perbesaran 5.00 kV × 1500 (d) Perbesaran 5.00 kV × 2000 e) Unsur Yang Terkandung Sampel.



**Gambar 3.** Bentuk dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik Sampel Lokasi 2 (a) Perbesaran 5.00 kV × 500 (b) Perbesaran 5.00kV × 1000 (c) Perbesaran 5.00 kV × 1500 (d) Perbesaran 5.00 kV × 2000 e) Unsur Yang Terkandung Pada Sampel.

Bentuk bulir mineral magnetik yang berbentuk bulat menandakan bahwa mineral-mineral magnetik berasal dari proses-proses antropogenik (Chris Perry and Kevin Taylor, 2006). Ciri khas bentuk mineral magnetik yang dipengaruhi oleh proses antropogenik ini yaitu mineral magnetit berbentuk bulat sempurna (Fitriani, Utami, Kirana, Agustine, & Zulaikah, 2021; Franke, von Dobeneck, Drury, Meeldijk, & Dekkers, 2007; D. Jordanova et al., 2004; Maity et al., 2021). Hasil penelitian ini juga menunjukkan kesamaan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kirana et al. (Kirana et al., 2020), yang mana hasil SEM-EDX memperlihatkan bahwa terdapat bulir magnetik yang berbentuk oktahedral yang merupakan bulir alami dari magnetit dan terdapat pula bulir berbentuk bulat (spherule) yang merupakan bulir magnetik akibat hasil oksidasi/pembakaran dan proses diagenesis. Bulir mineral magnetik yang bulat sebagai tanda dari adanya proses antropogenik. Oleh karena itu mineral magnetik pada sampel tanah dari kawasan industri ini ada yang berasal dari aktivitas manusia berupa kegiatan pembakaran pada cerobong asap dan juga bisa berasal dari pembakaran pada mesin kendaraan bermotor.

Bentuk mineral magnetik yang tidak beraturan menunjukkan mineral magnetik yang berasal dari proses litogenik yaitu pelapukan dari batuan asal (Ananthapadmanabha, Shankar, & Sandeep, 2014). Jenis mineral magnetiknya merupakan mineral maghemit (Ayoubi & Adman, 2019; Chai et al., 2015).

Ukuran mineral magnetik yang berbentuk bulat dari sampel penelitian ini tidak melebihi 97,7 μm

(Gambar 3), sementara ukuran mineral magnetik yang tidak beraturan ada yang melebihi 47,6 μm (Gambar 2). Ukuran ini menunjukkan ukuran yang disebut ukuran multidomain (>10 μm) (Butler, 1992).

Hasil pengukuran EDS menunjukkan bulir magnetik yang bulat berasosiasi dengan unsur Fe, O, Mg, Al dan Si (Gambar 2). Sementara ada juga mineral magnetik yang berasosiasi dengan Fe, O, Mg, Al, Si, K, Ca dan Ti (Gambar 3). Si dapat berasal dari pembakaran bahan fosil. Al, Ca, K, P, S, Mg, dan Si merupakan hasil dari abrasi (pengikisan) pada sistem pembakaran kendaraan bermotor (Lee et al., 2020).

## Conclusion

Berdasarkan hasil analisis dengan uji SEM-EDS didapatkan bentuk mineral magnetik pada sampel tanah dari daerah penelitian bentuk bulat yang merupakan hasil proses antropogenik serta bentuk mineral magnetik yang tidak beraturan yang merupakan hasil proses litogenik. Ukuran dari bulir mineral magnetiknya adalah multidomain.

## Acknowledgements

Ucapan terimakasih ditujukan pada Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dana penelitian melalui skema PPDN TA 2024.

## References

- Ananthapadmanabha, A. L., Shankar, R., & Sandeep, K. (2014). Rock magnetic properties of lateritic soil profiles from southern India: Evidence for pedogenic processes. *Journal of Applied Geophysics*, 111, 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2014.10.009>
- Ayoubi, S., & Adman, V. (2019). Iron Mineralogy and Magnetic Susceptibility of Soils Developed on Various Rocks in Western Iran. *Clays and Clay Minerals*, 67(3), 217–227. <https://doi.org/10.1007/s42860-019-00020-5>
- 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>
- Bijaksana, S., & Huliselan, E. K. (2010). Magnetic properties and heavy metal content of sanitary leachate sludge in two landfill sites near Bandung, Indonesia. *Environmental Earth Sciences*, 60(2), 409–419. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0184-4>
- Butler, R. F. (1992). *Paleomagnetism: Magnetik Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific

## Publications.

- César de Mello, D., Demattê, J. A. M., Silvero, N. E. Q., Di Raimo, L. A. D. L., Poppiel, R. R., Mello, F. A. O., ... Rizzo, R. (2020). Soil magnetic susceptibility and its relationship with naturally occurring processes and soil attributes in pedosphere, in a tropical environment. *Geoderma*, 372(March), 114364. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114364>
- Chai, Y., Guo, J., Chai, S., Cai, J., Xue, L., & Zhang, Q. (2015). Source identification of eight heavy metals in grassland soils by multivariate analysis from the Baicheng–Songyuan area, Jilin Province, Northeast China. *Chemosphere*, 134, 67–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.04.008>
- Chris Perry and Kevin Taylor. (2006). *Environmental Sedimentology* (C. Perry & K. Taylor, Eds.). Oxford: Blackwell Publishing.
- Evans, G., Howarth, R. J., & Nombela, M. A. (2003). Metals in the sediments of Ensenada de San Simón (inner Ría de Vigo), Galicia, NW Spain. *Applied Geochemistry*, 18(7), 973–996. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00203-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00203-2)
- Fitriani, D., Utami, W., Kirana, K. H., Agustine, E., & Zulaikah, S. (2021). Magnetic Signatures on River Sediments and Agricultural Soils as Proxy Indicators of Anthropogenic-derived Pollution (Case Study: Cikijing River, Rancaek, West Java). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(3), 381–387. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i3.697>
- Frančičković-Bilinski, S., Bilinski, H., Scholger, R., Tomašić, N., & Maldini, K. (2014). Magnetic spherules in sediments of the karstic Dobra River (Croatia). *Journal of Soils and Sediments*, 14(3), 600–614. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0808-x>
- Franke, C., von Dobeneck, T., Drury, M. R., Meeldijk, J. D., & Dekkers, M. J. (2007). Magnetic petrology of equatorial Atlantic sediments: Electron microscopy results and their implications for environmental magnetic interpretation. *Paleoceanography*, 22(4), 1–23. <https://doi.org/10.1029/2007PA001442>
- Goddu, S. R., Appel, E., Jordanova, D., & Wehland, F. (2004). *Magnetic properties of road dust from Visakhapatnam (India) – relationship to industrial pollution and road traffic*. 29, 985–995. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.02.002>
- Gu, Y. G., Gao, Y. P., & Lin, Q. (2016). Contamination, bioaccessibility and human health risk of heavy metals in exposed-lawn soils from 28 urban parks in southern China's largest city, Guangzhou. *Applied Geochemistry*, 67, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.02.004>
- Horng, C., Huh, C., Chen, K., & Huang, P. (2009). Air pollution history elucidated from anthropogenic spherules and their magnetic signatures in marine sediments offshore of Southwestern Taiwan. *Journal of Marine Systems*, 76(4), 468–478. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.09.014>
- Jordanova, D., Hoffmann, V., & Fehr, K. T. (2004). Mineral magnetic characterization of anthropogenic magnetic phases in the Danube river sediments (Bulgarian part). *Earth and Planetary Science Letters*, 221(1–4), 71–89. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(04\)00074-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(04)00074-3)
- Jordanova, N., Jordanova, D., Liu, Q., Hu, P., Petrov, P., & Petrovský, E. (2013). Soil formation and mineralogy of a Rhodic Luvisol – insights from magnetic and geochemical studies. *Global and Planetary Change*, 110, 397–413. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.08.020>
- Kirana, K. H., Ghazali, M., Septiana, L. A. E. S., Fitriani, D., Agustine, E., Fajar, S. J., & Nugraha, M. G. (2020). Karakterisasi Mineral Magnetik Sedimen Sungai Citarum Hilir Melalui Analisa Sifat Magnetik, Mineralogi serta Morfologi Magnetik. *Positron*, 10(2), 52. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.42143>
- Kristian, E., Bijaksana, S., Srigutomo, W., & Kardenia, E. (2010). Scanning electron microscopy and magnetic characterization of iron oxides in solid waste landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1–3), 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.03.058>
- Lee, S., Kim, S., Kim, H., Seo, Y., Ha, Y., Kim, H., ... Yu, Y. (2020). Tracing of traffic-related pollution using magnetic properties of topsoils in Daejeon, Korea. *Environmental Earth Sciences*, 79, 485. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09223-9>
- Lehndorff, E., Ubat, M., & Schwark, L. (2006). Accumulation histories of magnetic particles on pine needles as function of air quality. *Atmospheric Environment*, 40(36), 7082–7096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.06.008>
- Li, W., Mu, G., Zhang, W., Lin, Y., Zhang, D., & Song, H. (2019). Formation of greigite (Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) in the sediments of saline lake Lop Nur, northwest China, and its implications for paleo-environmental change during the last 8400 years.

- Journal of Asian Earth Sciences*, 174(November 2018), 99–108.  
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.11.021>
- Madi. (2022). *Scanning Electron Microscope (SEM) Energy Dispersive X-Ray(EDX)*. Yogyakarta: Laboratorium Penelitian Dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada.
- Magiera, T., Mendakiewicz, M., Szuszkiewicz, M., Jabłońska, M., & Chróst, L. (2016). Technogenic magnetic particles in soils as evidence of historical mining and smelting activity: A case of the Brynica River Valley, Poland. *Science of The Total Environment*, 566–567, 536–551.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.126>
- Maity, R., Venkateshwarlu, M., Mondal, S., Kapawar, M. R., Gain, D., & Paul, P. (2021). Magnetic and microscopic characterization of anthropogenically produced magnetic particles: a proxy for environmental pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(7), 1793–1808. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02902-x>
- Novala, G. C., Sudarningsih, Kirana, K. H., Fajar, S. J., Mariyanto, & Bijaksana, S. (2019). Testing the effectiveness of mechanical magnetic extraction in riverine and lacustrine sediments. *Journal of Physics: Conference Series*, 1204(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012085>
- Rachwał, M., Kardel, K., Magiera, T., & Bens, O. (2017). Application of magnetic susceptibility in assessment of heavy metal contamination of Saxonian soil (Germany) caused by industrial dust deposition. *Geoderma*, 295, 10–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.02.007>
- Sikumbang, N., & Heryanto, R. (1994). *Peta Geologi Lembar Banjarmasin, Skala 1 : 250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sudarningsih, S., Pratama, A., Bijaksana, S., Fahrudin, F., Zanuddin, A., Salim, A., ... Mariyanto, M. (2023). Magnetic susceptibility and heavy metal contents in sediments of Riam Kiwa, Riam Kanan and Martapura rivers, Kalimantan Selatan province, Indonesia. *Heliyon*, Vol. 9, p. e16425.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16425>
- Thompson, R., & Oldfield, F. (1986). *Environmental Magnetism*. <https://doi.org/10.22498/pages.11.2-3.34>
- Veneva, L., Hoffmann, V., & Jordanova, D. (2003). Magnetic Susceptibility Screening of Anthropogenic Impact on the Danube River Sediments in Northwestern Bulgaria - Preliminary Results. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 47(2), 403–418. <https://doi.org/10.1023/A:1023736111156>
- Wang, P., Xue, J., & Zhu, Z. (2021). Comparison of heavy metal bioaccessibility between street dust and beach sediment: Particle size effect and environmental magnetism response. *Science of the Total Environment*, 777, 146081.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146081>
- Yunginger, R., Bijaksana, S., Dahrin, D., Zulaikah, S., Hafidz, A., Kirana, K. H., ... Fajar, S. J. (2018). Lithogenic and anthropogenic components in surface sediments from lake limboto as shown by magnetic mineral characteristics, trace metals, and REE geochemistry. *Geosciences (Switzerland)*, 8(4).  
<https://doi.org/10.3390/geosciences8040116>