

KARAKTERISTIK MINERAL MAGNETIK TANAH DI SEKITAR PLTU ASAM-ASAM MELALUI MORFOLOGI DAN CITRA SEM-EDX

Sudarningsih^a, Fahrudin^a, Laila Hayati^a

^aProgram Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Lambung Mangkurat, Jalan A.Yani km 30, Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan

Email korespondensi: sudarningsih@ulm.ac.id

ABSTRAK

Salah satu ancaman yang harus diwaspadai terhadap sumber daya alam dan lingkungan di seluruh dunia adalah kontaminasi tanah dengan unsur-unsur yang berpotensi beracun. Salah satu daerah yang tanahnya berpotensi terkontaminasi adalah tanah di sekitar PLTU Asam-asam. Oleh karena itu, perlu kajian mengenai kondisi tanah di daerah ini salah satunya dengan mengidentifikasi mineral magnetik pada tanah melalui analisis morfologi mineral magnetiknya memiliki morfologi serta kandungan unsur melalui citra SEM-EDS Hasil pengukuran menunjukkan mineral magnetik yang dikandung pada tanah di sekitar jalan dari daerah pertambangan ini dominan berbentuk spherule dengan permukaan yang tidak datar yang memiliki kandungan unsur logamnya meliputi Mg, Al, Ca, Ti, Cr, K dan Fe. Bentuk mineral magnetik berbentuk spherule merupakan representasi mineral magnetik akibat proses oksidasi yang merupakan proses antropogenik pada tanah

Kata kunci: Tanah, mineral magnetik, morfologi, antropogenik

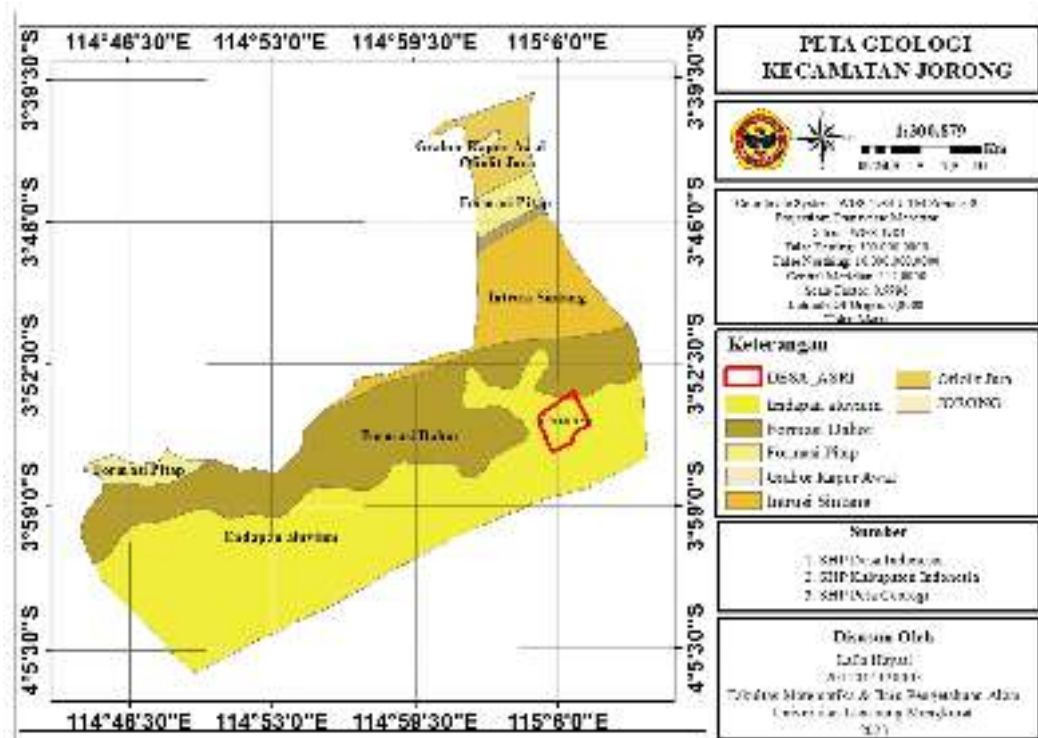
PENDAHULUAN

Penggunaan mineral magnetik dalam studi lingkungan untuk menginterpretasikan polusi pada tanah, sedimen, dan vegetasi telah dilakukan sejak tahun 1980-an [1]. Penggunaan mineral magnetik untuk mempelajari kemagnetan lingkungan pada sedimen sungai untuk menginterpretasikan keberadaan polutan telah banyak dilakukan [2-13], seperti halnya penelitian pada tanah [14-18], debu [19-21], dan lindi [22-23].

Penggunaan studi morfologi mineral magnetik, khususnya oksida besi, telah banyak digunakan dalam studi magnetik lingkungan [2, 13, 16, 17, 21, 23, 24]. Oksida besi digunakan dalam penelitian ini karena oksida besi dapat mengalami peningkatan atau penyusutan akibat perubahan lingkungan, yang juga dapat memprediksi sumber polutan [23]. Penelitian sebelumnya di berbagai lingkungan mengindikasikan adanya perbedaan morfologi oksida besi pada debu dan abu terbang akibat proses pembakaran di berbagai industri dan kendaraan bermotor [25-29]. Morfologi oksida besi yang berbeda juga ditemukan yang mengindikasikan adanya pencemaran akibat aktivitas manusia pada sedimen sungai [3, 13, 32-33], sedimen laut [14], sedimen danau [30], tanah [17, 21, 31], dan air lindi [23].

METODE PENELITIAN

Sampel tanah dikumpulkan dari daerah PLTU Asam-asam (Gambar 1). Di laboratorium Geofisika FMIPA ULM, sampel tanah kemudian diekstraksi menggunakan pengaduk magnetik mengikuti prosedur Novala et al, 2019 [34] untuk menentukan morfologi, ukuran mineral magnetik, dan domain mineral magnetik dari sampel yang dianalisis menggunakan instrumen SEM-EDX.

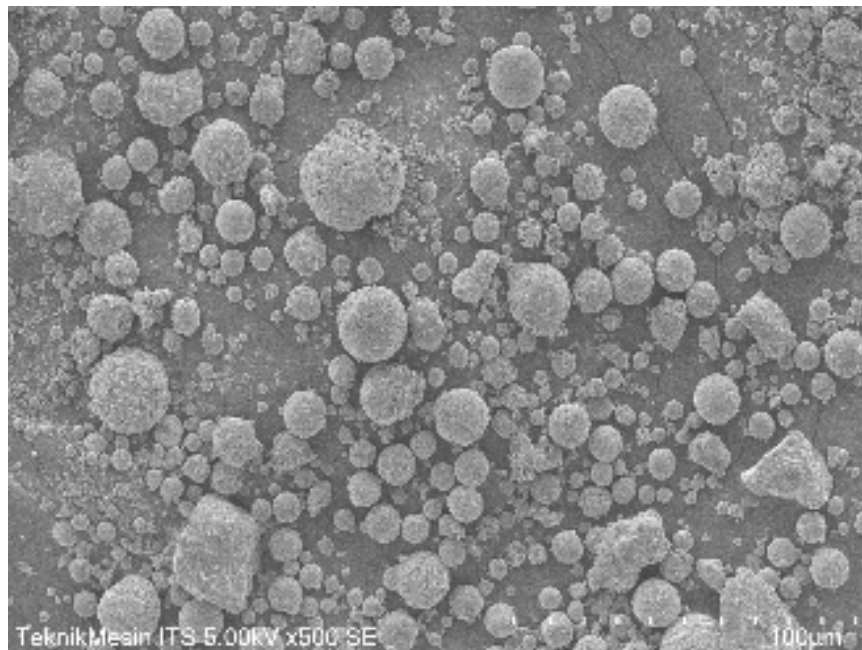


Gambar 1 (a) Contoh gambar dalam naskah dan **(b)** contoh lain untuk gambar dalam naskah

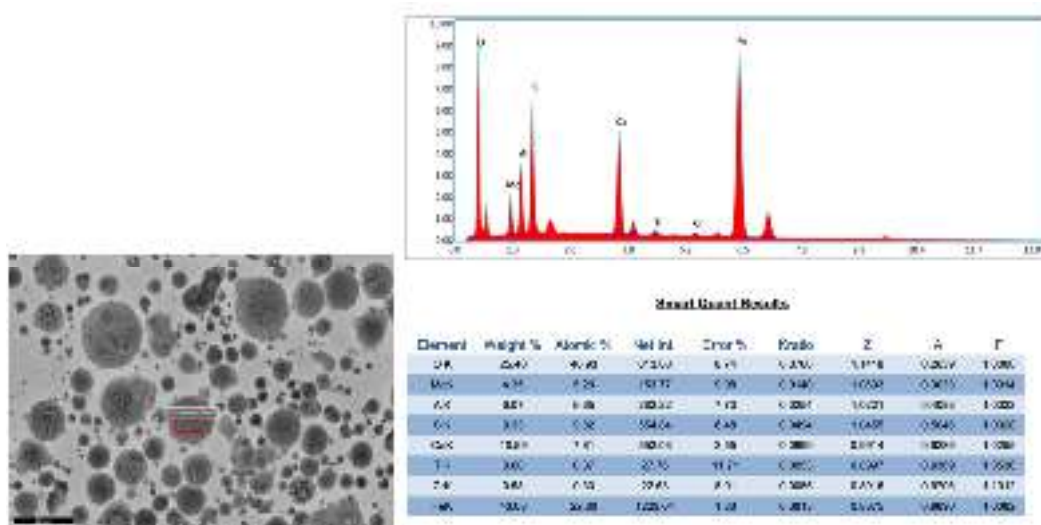
Mineral magnetik yang diekstraksi ditempelkan pada tempat sampel yang terbuat dari logam dengan menggunakan pita karbon, kemudian dianalisis menggunakan SEM (JSM 6360LA) JEOL, Tokyo, Jepang. Instrumen ini dilengkapi dengan sistem EDX untuk analisis komposisi semi-kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui detail morfologi, ukuran dan tekstur butiran mineral magnetik serta kandungan unsur pada sampel mineral magnetik. Hal ini penting karena morfologi spesifik dari partikel magnetik antropogenik dapat dibedakan dari partikel pedogenik [24]. Gambar 2 menunjukkan butiran magnetik yang diekstraksi dari tanah di sekitar PLTU Asam-asam. Berdasarkan detail morfologinya, butiran magnetik dari tanah ini didominasi oleh bentuk bulat walaupun ada beberapa yang persegi. Dari segi ukuran bulir, bulir mineral magnetik dari tanah ini memiliki bervariasi ukuran 1 < sampai dengan 50 μm . Analisis EDX pada butiran yang dipilih pada Gambar 3 menunjukkan bahwa unsur yang berasosiasi dengannya adalah O, Fe, Si, Ca, Al, Mg, Ti, dan Cr.



Gambar 1 Hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan sampel didominasi bulir magnetik berbentuk bulat.



Gambar 3 Hasil analisis menggunakan EDX menunjukkan elemen yang ada pada bulir magnetik. Berdasarkan hasil analisis SEM dan EDX, terlihat bahwa butiran magnetik dari tanah ini berasal dari dua sumber yang berbeda, yaitu pedogenik dan antropogenik. Berdasarkan morfologinya, butiran magnetik dari tanah ini ada beberapa berbentuk bangun bersudut yang mengindikasikan sumber pedogenik. Bentuk oktahedral dan bersudut merupakan ciri khas dari fragmen titanomagnetit [24]. Berdasarkan ukuran butiran mineral magnetik dari tanah ini yang menunjukkan ukuran butiran yang

relatif kecil juga menegaskan bahwa butiran mineral magnetik dari tanah ini didominasi oleh sumber pedogenik. Butiran mineral magnetik dari tanah ini juga menunjukkan bahwa mineral magnetik tersebut berasal dari pedogenik namun telah mengalami pelapukan [24] yang ditandai dengan bentuk morfologi yang tidak mulus. Selain itu, ada juga mineral magnetik yang berbentuk bulat, yang mengindikasikan bahwa mineral magnetik ini berasal dari proses antropogenik. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa spherules magnetik umum ditemukan pada abu terbang, debu pinggir jalan, dan sedimen, yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan atau tungku pada suhu tinggi [24, 29, 34, 36-38]. Mineral magnetik yang berbentuk bulat pada sampel ini diduga berasal dari abu terbang dikarenakan daerah penelitian ini berada di sekitar PLTU Asam-asam.

KESIMPULAN

Analisis morfologi dan mineralogi yang terperinci dilakukan pada sampel tanah yang berasal dari daerah di sekitar PLTU Asam-asam ini mengidentifikasi bahwa butiran magnetik dalam sampel tanah ini sebagian besar berbentuk oktahedral dan bersudut yang menunjukkan asal litogeniknya, sedangkan butiran yang berbentuk bola yang menunjukkan asal antropogeniknya. Mineral magnetik yang berbentuk bola diduga berasal dari sumber pencemar abu terbang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan pada Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dana Penelitian melalui skema PDWM TA 2023 dalam kegiatan Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Thompson, R., & Oldfield, F. 1986. *Environmental Magnetism*. Allen and Unwin Publishers Ltd, London, UK.
- Jordanova, D., Hoffmann, V., & Fehr, K. T. 2004. Mineral magnetic characterization of anthropogenic magnetic phases in the Danube river sediments (Bulgarian part). *Earth and Planet Science Letter*, 221(1-4), 71-89.
- Desenfant, F., Petrovský, E., & Rochette, P. 2004. Magnetic signature of industrial pollution of stream sediments and correlation with heavy metals: case study from South France. *Water Air and Soil Pollution*, 152, 297-312.
- Knab, M., Hoffmann, V., Petrovsky, E., Kapic-Acka, Jordanova, N., & Appel, E. 2006. Surveying the anthropogenic impact of the Moldau river sediments and nearby soils using magnetic susceptibility. *Environmental Geology*, 49, 527-535.
- Lu, S. G., & Bai, S. Q. 2006. Study on the correlation of magnetic properties and heavy metals content in urban soils of Hangzhou City, China, *Journal of Applied Geophysics*, 60, 1-12.

1. Chaparro, M. A. E., Sinito, A. M., Ramasamy, V., Marinelli, C., Chaparro, M. A. E., Mullainathan, S., & Murugesan, S. 2008. Magnetic measurements and pollutants of sediments from Cauvery and Palaru River, India. *Environmental Geology*, 56, 425–437.
2. Chaparro, M. A. E., Rajkumar, P., Chaparro, M. A. E., Ramasamy, V., & Sinito, A. M. 2011. Magnetic parameters, trace elements, and multivariate statistical studies of river sediments from southeastern India: a case study from the Vellar River. *Environmental Earth Science*, 63, 297–310.
3. Chaparro, M. A. E., Suresh, G., Chaparro, M. A. E., Sinito, A.M., & Ramasamy, V. 2013. Magnetic studies and elemental analysis of river sediments: a case study from the Ponnaiyar River (Southeastern India). *Environmental Earth Science*, 70, 201–213.
4. Franke, C., Kissel, C., Robin, E., Bonte, P., & Lagroix, F. 2009. Magnetic particle characterization in the Seine river system : Implications for the determination of natural versus anthropogenic input. *Geochemistry, Geophysics Geosystem*, 10, 1–20.
5. Augustinus, P., Zawadziki, A., Barton, C. E., & Harle, K. 2010. Lithological and geochemical record of mining-induced changes in sediments from Macquarie Harbour, southwest Tasmania, Australia. *Environmental Earth Science*, 61, 625–639.
6. Zhang, C., Appel, E., & Qiao, Q. 2013. Heavy metal pollution in farmland irrigated with river water near a steel plant—magnetic and geochemical signature. *Geophysical Journal International*, 192, 963–974.
7. Xu, Y., Sun, Q., Yi, L., Yin, X., Wang, A., Li, Y., & Chen, J. 2014. The source of natural and anthropogenic heavy metals in the sediments of the Minjiang River Estuary (SE China): Implications for historical pollution. *Science of the Total Environment*, 493, 729–736.
8. Bilinski, S. F., Bilinski, H., Scholger, R., Tomašić, N., & Maldini K. 2014. Magnetic spherules in sediments of the karstic Dobra River (Croatia). *Journal of Soils Sediments*, 14, 600–614.
9. Horng, C.S., Huh, C. A., Chen, K. H., Huang, P. R., Hsiung, K. H., & Lin, H. L. 2009. Air pollution history elucidated from anthropogenic spherules and their magnetic signatures in marine sediments offshore of Southwestern Taiwan. *Journal of Marine System*, 76, 468–478.
10. Aloupi, M., & Angelidis, M. O. 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Levos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*, 113, 211–219.
11. 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.
12. 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.
13. Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K. K., Kanagasabapathy, K. V., & Prasad, M. V. R. 2015. Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India—Spectroscopical approach. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 137, 589–600.
14. Lu, S., Yu, X., & Chen, Y. 2016. Magnetic properties, microstructure and mineralogical phases of technogenic magnetic particles (TMPs) in urban soils: Their source identification and environmental implications. *Science of the Total Environment*, 543, 239–247.
15. Liu, Q., Sun, Y., Qiang, X., Tada, R., Hu, P., Duan, Z., Liu, J., Su, K., & Jiang, Z. 2015. Characterizing magnetic mineral assemblages of surface sediments from major Asian dust sources and implications for the Chinese loess magnetism. *Earth Planets Space*, 67, 61.

16. Goddu, S. R., Apple, E., Jordanova, D., & Wehland, F. 2004. Magnetic properties of road dust from Visakhapatnam (India)—relationship to industrial pollution and road traffic. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29, 985–995.
17. Szuszkiewicz, M., Magiera, T., Kapička, A., Petrovský, E., Grison, H., & Gołuchowska, B. 2015. Magnetic characteristics of industrial dust from different sources of emission: A case study of Poland. *Journal of Applied Geophysics*, 116, 84–92.
18. Bijaksana, S., & Huliselan, E. K. 2009. Magnetic properties and heavy metal content of sanitary leachate sludge in two landfill sites near Bandung, Indonesia. *Environmental Earth Science*, 60, 409–419.
19. Huliselan, E. K., Bijaksana, S., Srigutomo, W., & Kardena, E. 2010. Scanning electron microscopy and magnetic characterization of iron oxides in solid waste landfill leachate. *Journal of Hazard Mater*, 179, 701–708.
20. Evans, G., Howarth, R. J., & Nombela, M. A. 2003. Metals in sediments of Ensenada de San Simón (inner Ría de Vigo), Galicia, NW Spain. *Applied Geochemistry*, 18, 973–996.
21. 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.
22. Lehdorff, E., Ubat, L., & Schwark. 2006. Accumulation histories of magnetic particles on pine needles as function of air quality. *Atmosphere Environmental*, 40, 7082–7096.
23. Sudarningsih, S., Pratama, A., Bijaksana, S., Fahrudin, F., Zauddin, A., Salim, A., Abdillah, H., Rusnadi, M., & Mariyanto, M. 2023. Magnetic susceptibility and heavy metal contents in sediments of Riam Kiwa, Riam Kanan and Martapura rivers, Kalimantan Selatan province, Indonesia. *Heliyon*, 9, e16425.
24. Kirana, K.H., Ghazali, M., Septiana, L. A. E. S., Fitriani, D., Agustine, E., Fajar, S. J., Nugraha, M.G., Karakterisasi Mineral Magnetik Sedimen Sungai Citarum Hilir Melalui Analisa Sifat Magnetik, Mineralogi serta Morfologi Magnetik. *Positron*, 10(2), 131–139.
25. Yunginger, R., Bijaksana, S., Dahrin, D., Zulaikah, S., Hafidz, A., Kirana, K. H., Sudarningsih, S., Mariyanto, M., 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*, 8, 116.
26. Bourliva, A., Papadopoulou, L., Aidona, E., Giouri, K., Simeonidis, K., & Vourlias, G. 2017. Characterization and geochemistry of technogenic magnetic particles (TMPs) in contaminated industrial soils: Assessing health risk via ingestion. *Geoderma*, 295, 86–97.
27. Sudarningsih, S., Bijaksana, S., Ramdani, R., Hafidz, A., Pratama, A., Widodo, W., Iskandar, I., Dahrin, D., Fajar, S. J., & Santoso, N.A. 2017. Variations in the concentration of magnetic minerals and heavy metals in suspended sediments from Citarum River and its tributaries, West Java, Indonesia. *Geosciences*, 7, 66.
28. Zhang, C., Qiao, Q., Piper, J. D. A., & Huang, B. 2011. Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution*, 159, 3057–3070.
29. Novala, G. C., Sudarningsih, S., Kirana, K. H., Fajar, S. J., Mariyanto, M., & Bijaksana, S. 2019. Testing the effectiveness of mechanical magnetic extraction in riverine and lacustrine sediments. *IOP Conference Series Journal Physics*, 1204, 012085.
30. Hutasoit, L. 2009. Groundwater Surface Conditions with and without Permeation Artificial in Bandung: Numerical Simulation Results. *Journal of Geology Indonesia*, 4, 177–188.
31. Sarkar, A., Rano, R., Mishra, K. K., & Sinha, I. N. 2005. Particle size distribution profile of some Indian fly ash—a comparative study to assess their possible uses. *Fuel Process Technologies*, 86, 1221–1238.
32. Triki, H. Z., Laabir, M., Lafabrie, C., Malouche, D., Montigny, C.B., Gonzalez, C., Deidun, A., Pringault, O., & Yahia, O. K. D. 2017. Do the levels of industrial of pollutants influence

- the distribution and abundance of dinoflagellate cysts in the recently-deposited sediment of a Mediterranean coastal ecosystem? *Science of the Total Environment*, 595, 380–392.
33. Zhang, S., Yang, Y., Storozum, M. J., Li, H., Cui, Y., & Dong, G. 2017. Copper smelting and sediment pollution in Bronze Age China: A case study in the Hexi corridor, Northwest China. *Catena*, 156, 92–101.