

Analisis Mineral Liat Tanah Sawah Menggunakan X-Ray Diffraction(Xrd) pada Tiga Kabupaten Berbeda di Yogyakarta

Dini Mufriah

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Alwashliyah
Jl. Sisingamangaraja Km 5.5 No.10 Medan. Telp/fax : 061-7851881
e-mail :mufriah19@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the types of clay minerals using x-ray diffraction (XRD) in several different locations in Yogyakarta, especially in paddy fields that have different types of soil management. The results of clay mineral analysis using XRD showed that the tillage layer on the paddy field in the Minggir sub-district, Sleman contains clay minerals of type 1:1, namely the type of Metahalosite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$). While the results of the analysis of clay minerals in the top layer of paddy soil in Nanggulan sub-district, Kulonprogo and Pundong sub-district, Bantul showed a clay mineral of type 2:1 type Montmorillonite, where the Montmorillonite clay mineral contained in paddy soil in Nanggulan sub-district, Kulonprogo, had mineral crystallization higher better than the Montmorillonite clay mineral in the Pundong sub-district, Bantul.

Keywords : x-ray diffraction (XRD), clay minerals, paddy fields

PENDAHULUAN

Mineral liat tanah berperan meningkatkan kesuburan tanah (Lin *et al*, 2017). Mineral tanah memberikan pengaruh langsung dan tidak langsung yang signifikan terhadap pasokan dan ketersediaan sebagian besar unsur hara (Sparks, 2018). Pengaruh kondisi lingkungan dan tipe pengelolaan lahan yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik kandungan dan jenis mineral liat yang berbeda pula (Ndzana *et al*, 2019). Lamouki *et al*. (2018) melaporkan bahwa jumlah mineral smektit lebih tinggi pada tanah

sawah, sedangkan jumlah vermikulit lebih tinggi pada tanah non-padi. Lahan sawah yang dibudidayakan selama 60 tahun menunjukkan peningkatan yang signifikan dari kristalinitas mineral liat di tanah sawah yang berimplikasi pada penurunan kelarutannya (Irfan *et al*, 2017).

Salah satu metode analisis mineral liat tanah dapat dilakukan dengan spektroskopi difraksi sinar-X (XRD). XRD memiliki keunggulan akurasi pengukuran yang tinggi dan tidak merusak sampel (Zhanget *al.*, 2016). Dibandingkan dengan metode difraksi sinar-X konvensional (C-XRD), XRD memiliki keunggulan dalam hal resolusi sudut yang

tinggi, diameter titik kejadian yang kecil, kecerahan dan penetrasi yang tinggi (Zhanget al, 2019; Bell et al, 2013), selain itu juga secara efektif meningkatkan akurasi karakterisasi morfologi tanah dalam keluasan dan kedalaman. Sehingga memiliki potensi aplikasi yang lebih luas dalam penelitian mineral liat tanah. (Xia et al., 2019; Lopez et al., 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis mineral liat menggunakan XRD di beberapa lokasi berbeda di Yogyakarta khususnya di tanah sawah yang memiliki tipe pengelolaan tanah berbeda.

Tanah-tanah sawah di provinsi di Yogyakarta sebagian besar berkembang dari bahan induk vulkan ataupun alluvial (peta geologi propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta skala 1:100.000 tahun 1977) dan berada pada topografi yang berbeda yaitu dapat berada di daerah lereng, cekungan ataupun lembah. Kondisi tersebut menyebabkan terbentuknya mineral liat yang berbeda pada tanah-tanah sawah di Yogyakarta. Mineral liat tipe 1:1 dapat terbentuk di tanah sawah dengan bahan induk vulkan yang berada pada posisi lereng suatu toposekuen akibat tingginya perlindian kation dan anion. Pelapukan lebih lanjut akibat curah hujan tinggi memungkinkan untuk terbentuknya mineral liat tipe 1:1 jenis Metahalosit.

Sedangkan Mineral liat tipe 2:1 jenis Montmorilonit dapat terbentuk di tanah sawah yang berada pada daerah cekungan ataupun pada lereng bagian bawah suatu toposekuen yang memiliki drainase jelek serta tidak terjadi

perlindian basa-basa (De Coninck, 1978). Montmorilonit yang terbentuk pada tanah sawah di Yogyakarta kemungkinan dapat berasal dari bahan induk vulkan atau dari pelapukan batuan vulkanik dan juga dapat terbentuk dari pelapukan batuan sedimen. Perbedaan bahan induk tanah tersebut dapat menyebabkan karakteristik kimia tanah sawah berbeda meskipun mengandung jenis mineral liat yang sama yaitu Montmorilonit.

Berdasarkan kondisi lingkungan yang berbeda dan tipe pengelolaan tanah yang berbeda di daerah Yogyakarta tersebut oleh karena itu diperlukan analisis mineral liat untuk membuktikan jenis mineral liat yang terbentuk.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian merupakan petak sawah yang dikelola secara organik dan non organik pada lahan padi sawah irigasi milik petani yang terdapat di tiga lokasi berbeda di Yogyakarta yaitu : 1. Dusun Kisik, Desa Sendang Agung, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman (110°13'42"BT - 07°43'35"LS), 2. Dusun Turus, Desa Tanjung Harjo, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulonprogo (110°14'25"BT - 07°42'27"LS), dan 3. Dusun Kembang Kerep, Desa Srihardono, Kecamatan Pundong, Bantul (110°20'35" BT - 07°57'54"LS).

Bahan yang digunakan yaitu contoh tanah sawah, KCl, MgO, NaOAc pH 3 dan bahan-bahan kimia lainnya untuk keperluan analisis fisika dan kimia tanah. Peralatan yang digunakan antara lain pipa PVC ukuran 25 x 5

cm untuk pengambilan contoh tanah, pH meter, Eh meter, Sentrifuse, AAS, spektrofotometer, X-ray dan peralatan laboratorium lainnya.

Penelitian dilakukan metode deskriptif yaitu dengan mengambil langsung contoh tanah sawah dari masing-masing lokasi dan selanjutnya dianalisis di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

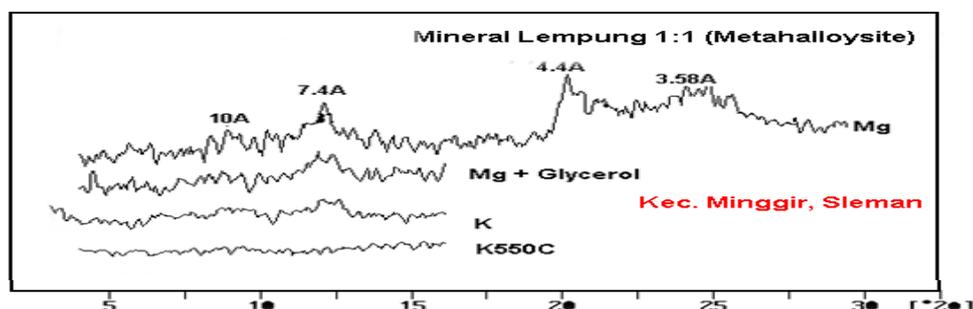
Karakteristik Mineral Liat Tanah Sawah di Kecamatan Minggir, Sleman.

Gambar 1 menunjukkan bahwa lapisan olah pada tanah sawah di lokasi kecamatan Minggir, Sleman mengandung mineral liat tipe 1:1 yaitu jenis Metahaloisit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) yang ditunjukkan oleh peak (puncak) 7,4 Å, 4,4 Å dan 3,58 Å pada perlakuan Mg, dan peak 10Å pada perlakuan Mg+Glycerol dan perlakuan K serta peak tersebut hilang pada pemanasan 550°C karena rusaknya struktur kisi mineral akibat terjadinya *dehydroxylation*.

Terbentuknya mineral liat 1:1 jenis Metahaloisit ini dipengaruhi oleh komposisi batuan induk dan letak lokasi tanah sawah

tersebut pada suatu toposekuen. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tanah sawah di Kecamatan Minggir, Sleman ini berkembang dari hasil pelapukan batuan-batuan vulkanik gunung Merapi (Diorite-Andesite), yang sebagian besar komposisinya adalah mineral primer Plagioklas (Na-Ca) Feldspar. Pelapukan yang cepat dari Feldspar tersebut dapat menghasilkan mineral liat 1:1 (Kaolinit). Hal ini juga didukung oleh posisi lokasi tanah sawah yang terletak pada bagian lereng suatu toposekuen secara makro, yang menyebabkan tingginya tingkat perlindungan basa-basa..

Menurut De Coninck (1978), mineral tipe 1:1 biasanya terbentuk pada lingkungan yang mengalami pelarutan yang kuat kecuali unsur Si dan Al ($\text{Si/Al} \pm 1$) sehingga konsentrasi kation dan anion lain rendah. Selain itu kondisi lingkungan seperti kondisi pH rendah (± 5), curah hujan yang tinggi dan terdapatnya kandungan bahan organik yang cukup tinggi mendukung terbentuknya mineral liat 1:1 jenis Metahaloisit.



Gambar 1. Hasil analisis jenis mineral lempung pada lapisan olah tanah sawah di kecamatan minggir, sleman menggunakan XRD PW 3020)

Karakteristik Mineral Liat Tanah Sawah di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo

Hasil analisis mineral liat pada tanah sawah lapisan atas di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo menunjukkan mineral liat tipe 2:1 jenis Montmorilonit (gambar 2). Terdapatnya kandungan mineral Montmorilonit ditunjukkan oleh peak 15,6 Å pada perlakuan Mg, peak 18,2 Å pada perlakuan Mg+glycerol, peak 14,7 Å pada perlakuan K, dan 10 Å pada perlakuan dengan pemanasan 550°C.

Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan bentuk peak-peak yang dihasilkan pada analisis mineral liat tanah sawah yang berada di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo dengan tanah sawah di Kecamatan Pundong, Bantul, meskipun keduanya menunjukkan jenis mineral liat yang sama yaitu Montmorilonit. Mineral liat Montmorilonit yang terkandung dalam tanah sawah di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo, memiliki kristalisasi mineral yang lebih baik sehingga memiliki permukaan spesifik yang lebih luas daripada mineral liat Montmorilonit di tanah sawah pada lokasi Kecamatan Pundong, Bantul. Hal ini ditunjukkan pada peak 15,6 Å perlakuan Mg dan peak 18,2 Å perlakuan Mg+Glycerol pada Montmorilonit tanah sawah di Kecamatan Nanggulan lebih runcing atau lebih tinggi dibanding peak Montmorilonit tanah sawah di Kecamatan Pundong, Bantul. Sedangkan peak 14,7 Å perlakuan K pada Montmorilonit tanah sawah

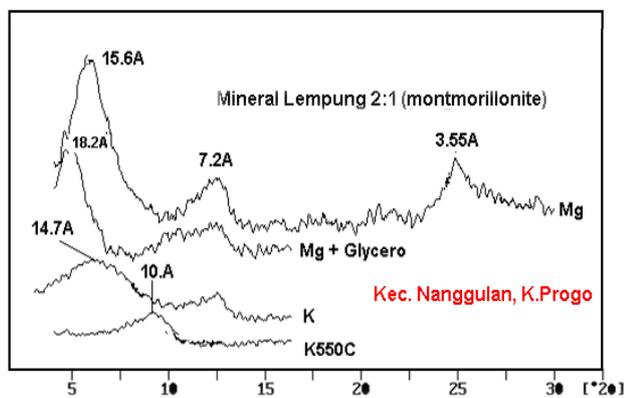
di Kecamatan Nanggulan lebih landai dibanding peak Montmorilonit tanah sawah di Kecamatan Pundong, Bantul, yang menunjukkan bahwa ukuran lebar kisi mineral tidak sesuai dengan ion K.

Terbentuknya mineral Montmorilonit dalam tanah sawah di Kecamatan Nanggulan yang memiliki kristalisasi mineral yang lebih baik dibanding Montmorilonit pada tanah sawah di Kecamatan Pundong dipengaruhi oleh bahan induk tanahnya yang berbeda dengan tanah sawah di Kecamatan Pundong, Bantul. Tanah sawah di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo, memiliki bahan induk yang merupakan campuran dari batuan vulkanik yang mengandung mineral-mineral Plagioklas, dan batuan-batuan sedimen klastik diantaranya Breksi dan Napal yang mengandung mineral primer seperti Biotit ($(K(Mg,Fe^{2+})_3[Si_3AlO_{10}](OH)_2)$), Muskovit ($(KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2)$) dan sebagainya), Kalsit ($(CaCO_3)$) dan Dolomit ($(CaMg(CO_3)_2)$).

Beragamnya mineral primer mudah lapuk pada tanah sawah di Kecamatan Nanggulan, Kulonprogo ini dapat menyebabkan tingginya kadar kation-kation basa diantaranya adalah Mg yang dilepaskan ketika terjadi pelapukan mineral primer tersebut. Oleh karena itu saat termineralisasi kembali dengan Si dan Al (neoformasi) dapat menghasilkan mineral liat Montmorilonit. Proses tersebut juga didukung oleh letak lokasi tanah sawah tersebut yang berada dibawah/ lebih rendah dibanding tanah sawah di kecamatan Minggir, Sleman pada suatu toposekuen makro sehingga dapat terjadi

akumulasi basa-basa seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} karena rendahnya perlindungan.

Lingkungan dengan drainase tanah jelek sehingga tidak terjadinya pencucian basa-basa di daerah vulkan merupakan kondisi yang cocok untuk stabilitas mineral Montmorilonit. Millot (1970) melaporkan bahwa mineral liat 2:1 terbentuk pada keadaan pH netral sampai alkalis dan nisbah Si terhadap Al lebih besar dari 2 sampai 5 atau lebih.



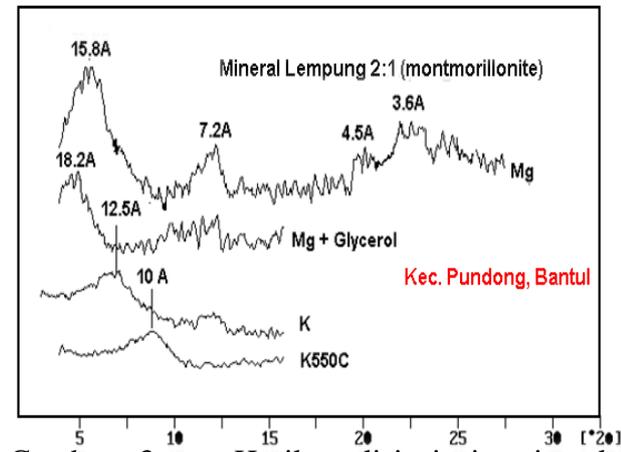
Gambar 2. Hasil analisis jenis mineral lempung pada lapisan olah tanah sawah di kec. Nanggulan, K. Progo menggunakan XRD PW 3020)

Karakteristik Mineral Liat Tanah Sawah di kecamatan Pundong, Bantul

Mineral liat di kecamatan Pundong juga didominasi mineral Montmorilonit yang ditunjukkan oleh peak $15,8\text{\AA}$ pada perlakuan Mg, peak $18,2\text{\AA}$ pada perlakuan Mg+glycerol, peak $12,5\text{\AA}$ pada perlakuan K dan peak 10\AA pada perlakuan dengan pemanasan hingga 550°C (Gambar 3). Berbeda dengan

Montmorilonit di tanah sawah kecamatan Nanggulan, mineral Montmorilonit yang terbentuk pada tanah sawah di kecamatan Pundong Bantul ini memiliki tingkat kristalisasi yang rendah sehingga luas permukaan spesifiknya lebih rendah dibanding montmorilonit yang terbentuk pada tanah sawah di kecamatan Nanggulan. Hal ini ditunjukkan pada gambar 3 yaitu peak $15,8\text{\AA}$ perlakuan Mg dan peak $18,2\text{\AA}$ perlakuan Mg+Glycerol lebih landai dibanding peak pada Montmorilonit tanah sawah kecamatan Nanggulan, Kulonprogo.

Terbentuknya mineral Montmorilonit dalam tanah sawah di kecamatan Pundong, Bantul dipengaruhi komposisi batuan induk tanah sawah dan letak lokasi tanah sawah tersebut pada suatu toposekuen makro. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tanah sawah di kecamatan Pundong, Bantul ini memiliki komposisi batuan induk yang mirip dengan tanah sawah di kecamatan Minggir, Sleman yaitu tersusun dari batuan-batuan vulkanik gunung Merapi (Diorite-Andesite), yang sebagian besar komposisinya adalah mineral primer Plagioklas (Na-Ca) Feldspar. Namun posisi lokasi tanah sawah yang terletak pada bagian paling bawah atau paling rendah dibanding lokasi tanah sawah lainnya (kecamatan Minggir dan Pundong) pada suatu toposekuen, menyebabkan rendahnya tingkat perlindungan basa-basa sehingga mineral liat Montmorilonit dapat terbentuk.



Gambar 3. Hasil analisis jenis mineral lempung pada lapisan olah tanah sawah di kec. Pundong, Bantul menggunakan XRD PW 3020)

KESIMPULAN

Hasil analisis mineral liat dengan menggunakan XRD menunjukkan bahwa lapisan olah pada tanah sawah di lokasi kecamatan Minggir, Sleman mengandung mineral liat tipe 1:1 yaitu jenis Metahalosit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Sedangkan hasil analisis mineral liat pada tanah sawah lapisan atas di kecamatan Nanggulan, Kulonprogo dan kecamatan Pundong, Bantul menunjukkan mineral liat tipe 2:1 jenis Montmorilonit, namun terdapat perbedaan Mineral liat Montmorilonit yang terkandung dalam tanah sawah di kecamatan Nanggulan, Kulonprogo, yang memiliki kristalisasi mineral yang lebih baik dengan permukaan spesifik yang lebih luas daripada mineral liat Montmorilonit di

lokasi kecamatan Pundong, Bantul.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, A. M. T.; Liermann, H.-P.; Bednarcik, J.; Henderson, C. M. B. 2013. Synchrotron X-Ray Power Diffraction Study on Synthetic Sr-Fresnoite. Powder Diffraction. Vol 28 pp S333–S338. DOI: 10.1017/S0885715613000936.
- De Coninck, F. 1978. Physico-chemical Aspects of Pedogenesis. State Univ. of Gent. 154 p
- Irfan, K., Trolard, F., Shahzad, T., Cary, L., Mouret, J.C., Bourrié, G. 2017. Impact of 60 Years of Intensive Rice Cropping on Clay Minerals in Soils Due to Si Exportation. American Journal of Agriculture and Forestry 2017; 5(3): 40-48
- Lamouki, M.M., Mahmoudi, S., Khormali, F., Araei, A. C. 2018. Study of the evolution of clay minerals in paddy (Pa) and non-paddy (NPa) soils on a toposequence in Ghaemshahr City, Mazandaran province. Agriculture and Forestry. Vol.64 No.2 pp.101-112
- Lin, S. W.; Chen, Y. L.; Liu, S. T.; Yuan, M. Z. 2017. Effect of Long Term Fertilization on Soil Clay Minerals in Soil. Acta

- Agriculturae Boreali-Sinica, vol 32, pp142–147. DOI: 10.7668/hbnxb.2017.04.023.
- Lopez, C.; Cheng, K.; Perez, J. 2018. Thermotropic Phase Behavior of Milk Sphingomyelin and Role of Cholesterol in the Formation of the Liquid Ordered Phase Examined using SR-XRD and DSC. *Chemistry and Physics of Lipids*, 215, 46–55. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2018.07.008.
- Ndzana, G. M.; Huang, L.; Zhang, Z. Y.; Zhu, J.; Liu, F.; Bhattacharyya, R. J. 2019. The Transformation of Clay Minerals in the Particle Size Fractions of Two Soils from Different Latitude in China. *Catena*, 175, 317–328. DOI: 10.1016/j.catena.2018.12.026.
- Sparks, D.L. 2018. Kinetics and Mechanisms of Chemical Reactions at the Soil Mineral/Water Interface. In: Sparks, D.L., Ed., *Soil Physical Chemistry*, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 135-192.
- Xia, X.; Yang, J. J. 2019. Research Progress on the Molecular Mechanism of Heavy Metal Immobilization by Soil Iron Oxides Based on Synchrotron Radiation. *Chinese Journal of Applied Ecology*. Vol 30, pp348–358.
- Zhang, Z. D.; Luo, X. L.; Wang, J. H.; Yan, L.; Gao, X. Y.; Cheng, C.; Cong, C.; Liu, S. X. Research on XRD Phase for Clay Minerals in Organo-Mineral Complex of Major Soil from Jilin Province, China. *Acta Mineralogica Sinica*. 2016, 36, 97–102. DOI: 10.16461/j.cnki.1000-4734.2016.01.015.
- Zhang, Z. Y.; Liu, C.; Brosnahan, J. T.; Zhou, H.; Xu, W. Q.; Zhang, S. 2019. Revealing Structural Evolution of PbS Nanocrystal Catalysts in Electrochemical CO₂ Reduction Using in Situ Synchrotron Radiation XRay Diffraction. *Journal of Materials Chemistry A*. Vol. 7, pp 23775–23780. DOI: 10.1039/C9TA06750G.