

**MATERIAL VOLKANIK SEBAGAI PENYUSUN UTAMA TANAH MERAH DI
ATAS BATUAN KARBONAT KARANGSARI WONOSARI**

***VOLCANIC MATERIALS AS A MAIN CONSTITUENT OF RED SOILS
OVERLYING THE CARBONATE ROCK OF KARANGSARI, WONOSARI***

Djoko Mulyanto

Prodi Ilmu Tanah, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Corresponding author E – mail: j.mulyanto@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The phenomenon of soil coloring that develops in carbonate rocks, which are generally white in color, is very interesting to study the minerals. The purpose of this study was to examine the mineral composition of the soil. Analysis of mineral properties includes: mineral fraction of fine sand (powder) and clay fraction of soil, as well as limestone that underlie the soil. Mineral identification using XRD. The results showed that the 7 °A halloysite mineral dominated the clay fraction, in addition to iron oxides, especially goethite. The fine sand fraction showed feldspar, biotite, cristobalite and quartz minerals in the first layer while the lower layer consists of goethite, maghemite-magnetite, quartz, and rhodocrosite. Analysis of limestone minerals (powder) showed that calcite is a very dominant mineral, the others are quartz and maghemite-magnetite. Based on the mineral composition of both sand and clay fractions, and also ratio of Fe-soil/ Fe-limestone it is suggested that the soil parent material much be influenced by volcanic materials.

Keywords: *Goethite, halloysite 7 °A, red soil, volcanic materials*

ABSTRAK

Gejala kewarnaan tanah yang berkembang pada batuan karbonat yang secara umum berwarna putih sangat menarik untuk dikaji mineralnya. Tujuan penelitian ini adalah menelaah komposisi mineral tanah. Analisis sifat mineral meliputi: mineral fraksi pasir halus (bubuk) dan fraksi lempung tanah, serta batugamping yang membawahi tanah tersebut. Identifikasi mineral menggunakan XRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mineral haloisit 7 °A sangat mendominasi fraksi lempung tanah, disamping oksida-oksida besi khususnya gutit. Fraksi pasir halus menunjukkan mineral feldspar, biotit, kristobalit dan kuarsa pada lapisan pertama sedangkan lapisan bawah terdiri atas gutit, maghemit-magnetit, kuarsa, dan rhodokrosit. Analisis mineral batugamping (*powder*) menunjukkan mineral kalsit sangat dominan, sedangkan mineral yang lain adalah kuarsa dan maghemit-magnetit. Berdasarkan komposisi mineral baik fraksi pasir maupun lempung, serta nisbah Fe tanah/ batuan, diduga bahwa bahan induk tanah banyak dipengaruhi oleh material vulkanik.

Kata Kunci: *Tanah merah, material vulkanik, haloisit 7 °A, gutit*

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Analisis mineral fraksi lempung menggunakan XRD (Rigaku Ultima IV X-ray Diffractometer) dengan sistem orientasi 6 perlakuan : jenuh Mg; Mg + gliserol ; jenuh K-20 °C; K-100 °C; K-350 °C dan K-550 °C. Mineral fraksi pasir halus dan batugamping secara bubuk (*powder*) dengan XRD. Interpretasi macam mineral berdasarkan Brindley *et al.* (1980). Analisis kimia meliputi oksida besi bebas amorfus dan kristalin menggunakan metode pelarutan selektif. Oksida besi bebas yang bersifat amorfus menggunakan ekstrak asam oksalat (0,2 M ammonium oksalat pH 3- Metode Tamm, 1922 *cit.* Blakemore *et al.*, 1987), sedangkan oksida besi bebas yang bersifat kristalin menggunakan ekstrak ditionit sitrat bikarbonat yakni Na-dithionit sitrat pH 7,3 (Mehra dan Jackson, 1960 *cit.* Blakemore *et. al.*, 1987). Ekstrak dithionit lebih kuat dari ekstrak oksalat, sehingga perhitungan oksida besi kristalin berdasarkan pengurangan hasil ekstrak dithionit-hasil ekstrak oksalat. Besi total dengan ekstrak asam-asam kuat (Blakemore *et. al.*, 1987). Nilai pH H₂O menggunakan Metode Potensiometrik. Analisis geokimia batuan dengan ekstrak asam-asam kuat, unsur diidentifikasi dengan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis sifat kimia tanah dan batuan

Hasil analisis kimia untuk parameter tertentu yakni pH H₂O menunjukkan status yang agak masam yakni sekitar 6 walaupun di lingkungan batuan karbonat. Hal tersebut menunjukkan perkembangan tanah yang cukup lanjut yang diikuti pelindian kalsium yang cukup intensif. Kondisi lingkungan nampaknya cukup mendorong proses tersebut, yakni topografi yang berombak dan sifat batuan yang mempunyai porositas sekunder yang ditunjukkan oleh fenomena retakan-retakan batugamping yang tersingkap di permukaan tanah. Analisis sifat-sifat kimia yang meliputi Fe total, Fe kristalin dan nisbah Fe kristalin/Fe total tanah terdapat pada Tabel 1.



Gambar 1. Singkapan batugamping di lingkungan tanah merah yang menunjukkan pola retakan-retakan.



Gambar 2. Lingkungan tanah merah di Karangsari.

D. Mulyanto: Material Vulkanik sebagai Penyusun Utama Tanah Merah

Tabel 1. Nisbah Fe total tanah/ Fe batugamping dan Fe kristalin/ Fe total tanah

Lapisan	Nilai pH (H ₂ O)	Fe total Tanah (Fe-t)	Fe kristalin (Fe-k)	Fe Batugamping	Nisbah Fe tanah/ Fe batugamping	Nisbah Fe kristalin/ Fe total
			(%)			
I	5,87	8.67	2.20	0.14	62	0.25
II	5,91	9.38	2.04	0.14	67	0.21
III	5,94	10.84	2.17	0.14	77,4	0.20
IV	6,04	8.00	2.05	0.14	57	0.26
V	6,05	9.77	2.15	0.14	70	0.22
VI	6,05	7.33	2.24	0.14	52	0.31
VII	6,58	7.83	2.16	0.14	56	0.28

Nisbah Fe kristalin/ Fe total tanah berkisar 0,21 - 0,31. Durr *et al.*, (2001) menggunakan nilai rata-rata nisbah Fe-k / Fe-t sebagai indeks pelapukan tanah yang berasal dari mineral silikat dengan angka 0,7. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa indek pelapukan > 0,7 yang mengatakan bahwa tingkat pelapukan tanah tersebut sangat tinggi. Berdasarkan pendapat tersebut dengan ini dapat disimpulkan bahwa tanah merah di Karang Sari belum mengalami tingkat pelapukan yang lanjut karena hanya berkisar 0,21 - 0,31.

Nisbah Fe total tanah terhadap Fe batugamping yang membawahnya sangat tinggi, yakni berkisar dari 52 - 77,4. Hal tersebut menunjukkan bahwa bila kita meyakini bahwa tanah berasal dari pelapukan batugamping maka akan dibutuhkan massa batuan yang sangat besar. Rata-rata kandungan Fe batuan beku yang dalam bentuk Fe₂O₃ dan FeO secara berturut-turut 0,2 dan 3,8 (Clarke dan Washington, 1924 *cit.* Mohr *et. al.*, 1972) yang setara dengan Fe secara total = 3,14 %, sehingga bisa dianalogikan bahwa bila tanah merah tersebut berasal dari batuan beku, maka nisbah Fe tanah total / Fe batuan beku sekitar 2,44 - 3,61 yakni jauh lebih rendah dibanding nisbah Fe total tanah/ Fe batugamping yakni 52 - 77,4. Berdasarkan perbandingan tersebut nampaknya bahwa tanah merah Karangrejek bukan berasal dari batugamping secara keseluruhan melainkan sangat dipengaruhi secara signifikan oleh material vulkanik.

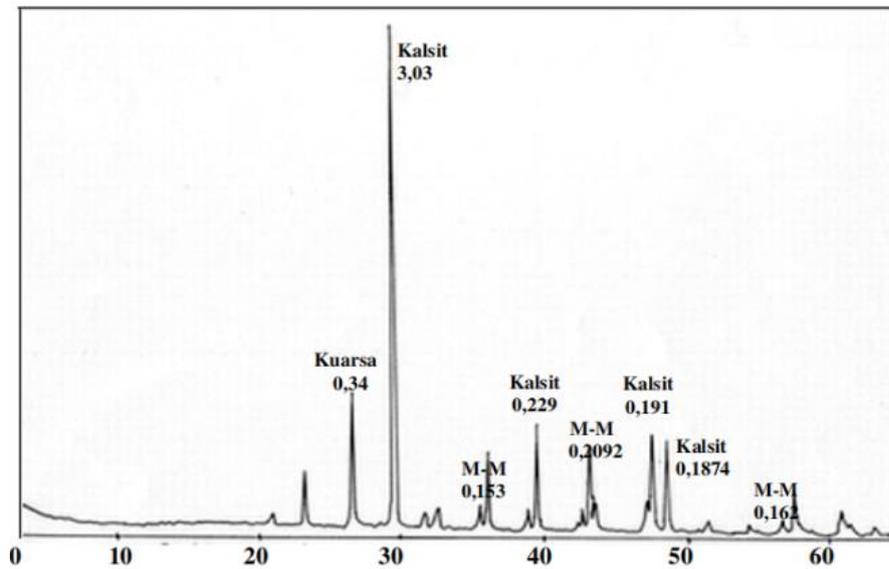
Tabel 2. Hasil analisis geokimia batugamping.

KET.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
P e r s e n (%)											
Batugamping berlapis (Bedded limestone) di daerah Karang Sari											
Bahan induk	0,54	0,33	0,20	0,021	55	0,20	0,011	Tt	tt	0,240	43,30

Berdasarkan Tabel 2. di atas menunjukkan bahwa kandungan Si dan Al pada batugamping sangat rendah bila dibandingkan dengan kandungannya di batuan beku yang sangat melimpah. Sebagai perbandingan kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ secara berturut-turut pada batuan beku (Mohr *et al.*, 1972) dibandingkan batugamping adalah 191 dan 46 kali atau 10,9 % dan 4,6 %. Perbandingan tersebut sangat nyata sehingga bila meyakini bahwa tanah berasal dari batugamping biasanya bersolum dangkal.

Tanah merah di lingkungan kawasan karst khususnya di bagian dolin biasanya relatif dalam karena berasal dari proses agradasi oleh hasil erosi tanah dari tempat yang lebih tinggi.

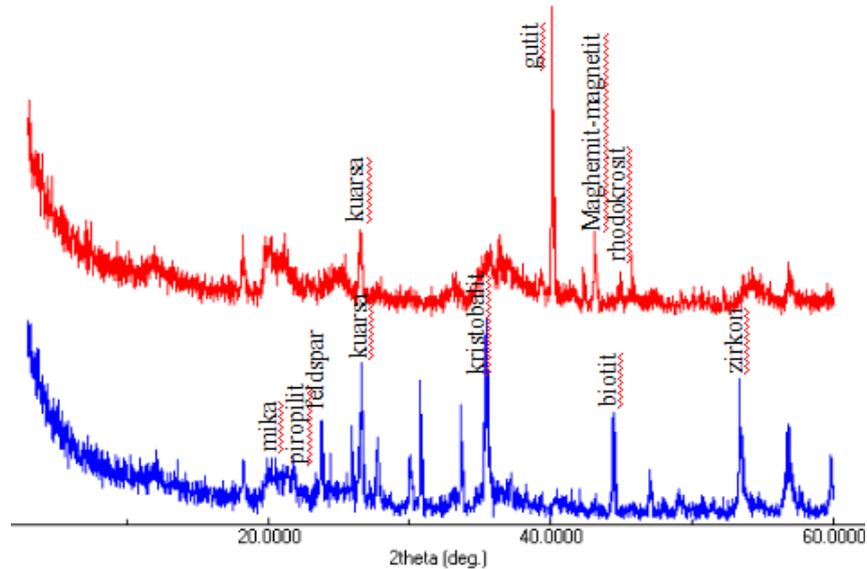
2. Analisis XRD batugamping dan fraksi pasir halus



Gambar 3. Pola defraksi XRD batugamping (powder)

Mineral yang menyusun batugamping didominasi oleh kalsit, oksida besi maghemit-magnetit dan kuarsa. Tidak munculnya mineral silikat kecuali kuarsa sangat bolehjadi karena sampelnya berupa bubuk batuan yang sangat didominasi oleh kalsit. Kemungkinan yang lain memang kandungan mineral silikatnya sangat sedikit dibanding kandungan kalsitnya yang sangat melimpah. Apabila hanya mendasarkan kandungan mineral yang terdapat pada batugamping tersebut berdasar pola XRD yang terlihat, maka dapat disimpulkan secara langsung bahwa tanah yang terbentuk hanya dikomposisi oleh mineral vulkanik dari material non karbonat. Oleh karena itu perlu dicermati hasil analisis mineral primer dari fraksi pasirnya.

Tidak ditemukannya mineral primer kecuali kuarsa di lapisan 7 (dekat batugamping) nampaknya sejalan dengan hasil analisis bubuk batugamping. Kemungkinan yang lain adalah bahwa semua mineral primer khususnya mineral silikat kecuali kuarsa sudah menjadi lempung seperti yang disampaikan Pettijohn (1975). Hasil dari pelapukan tersebut antara lain membentuk oksida-oksida besi maghemit-magnetit dan gutit, sedangkan rodokrosit (MnCO_3) dapat berasal dari Ca hasil pelarutan kalsit dan Mn yang diduga berasal kegiatan organisme penyusun batugamping. Menurut Menezes (2015 *cit.* Atmoko *et al.*, 2016) rodokrosit merupakan isomorf mineral karbonat. Sehingga ketika ada pengkayaan senyawa MnO dalam batugamping, maka sebagian unsur Ca^{+2} yang berpasangan dengan anion kompleks (CO_3^{-2}) dapat digantikan oleh unsur Mn^{+2} dan membentuk mineral rodokrosit (MnCO_3).



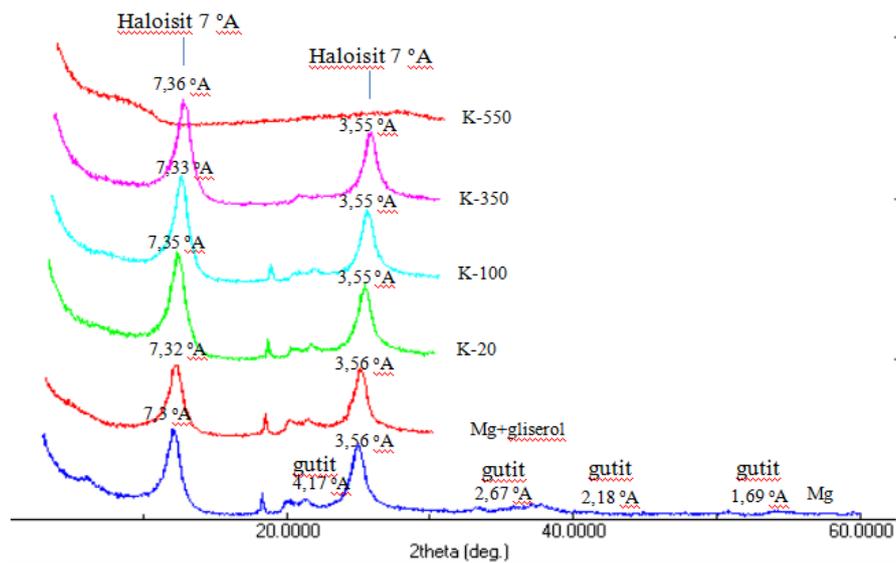
Gambar 4. Pola defraksi XRD fraksi pasir halus lapisan 1 (bawah) dan 7 (atas dekat bahan induk)

Fraksi pasir di lapisan atas dijumpai adanya beberapa mineral silikat seperti feldspar, mika, biotit yang bisa menjadi lempung. Chursman dan Lowe (2012) mengatakan bahwa feldspar bisa terhidrolisis menghasilkan lempung kaolinit. Munculnya mineral cristobalit pada lapisan atas menunjukkan sumbernya dari volkanik Kuartar (Mizota *et. al.*, 1987). Biotit bisa berubah menjadi muskovit kemudian illit, dan biotit juga bisa menjadi klorit (Peters and Hofmann, 1984).

3. Analisis XRD fraksi lempung tanah

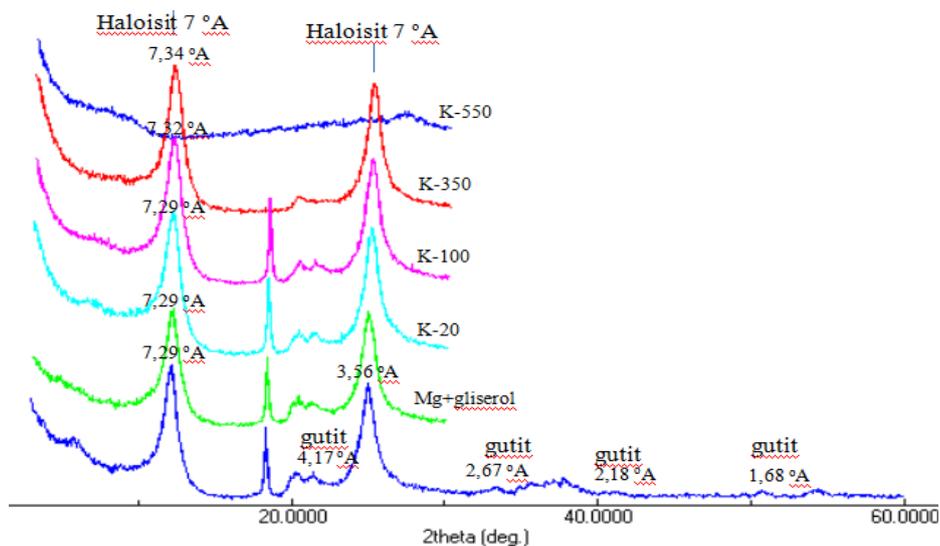
Analisis mineral lempung dengan XRD menunjukkan mineral tipe 1:1 yang ditandai dengan hilangnya puncak defraksi setelah pemanasan 550 °C. Gambar 5. menunjukkan pola defraksi dengan puncak-puncak 7,3 °A dan 3,55 °A, dengan perlakuan baik dengan penjenuhan Mg, Mg+gliserol maupun penjenuhan dengan K dan pemanasan dari 20 °C – 350 °C menunjukkan puncak defraksi yang relatif tetap. Perlakuan penjenuhan K dengan pemanasan 550 °C memperlihatkan lenyapnya puncak-puncak defraksi tersebut. Berdasarkan hal tersebut, menurut Brindley *et al.*, (1980) diinterpretasi sebagai haloisit 7 °A. Hillier dan Ryan (2002) juga telah mengidentifikasi puncak-puncak defraksi 7,2 °A dan 3,58 °A sebagai haloisit 7 °A. Lenyapnya puncak-puncak defraksi dengan perlakuan K-550 °C menunjukkan bahwa tanah merah tidak mengandung jenis lempung tipe 2:1. Puncak-puncak defraksi 4,17; 2,67; 2,18 dan 1,69 °A diidentifikasi sebagai oksida-oksida besi gutit.

Gambar 6 tersebut menunjukkan pola defraksi dengan puncak-puncak 7,29 °A dan 3,56 °A, perlakuan baik dengan penjenuhan Mg, Mg+gliserol maupun penjenuhan dengan K dan pemanasan dari 20 °C – 350 °C menunjukkan puncak defraksi yang relatif tetap. Perlakuan penjenuhan K dengan pemanasan 550 °C juga memperlihatkan lenyapnya puncak-puncak defraksi tersebut. Berdasarkan hal tersebut, menurut Brindley *et al.*, (1980) diinterpretasi sebagai haloisit 7 °A, bukan sebagai kaolinit yang mempunyai puncak defraksi 7,16 °A. Lenyapnya puncak-puncak defraksi dengan perlakuan K-550 °C menunjukkan bahwa tanah merah tidak



Gambar 5. Pola XRD lapisan tanah atas

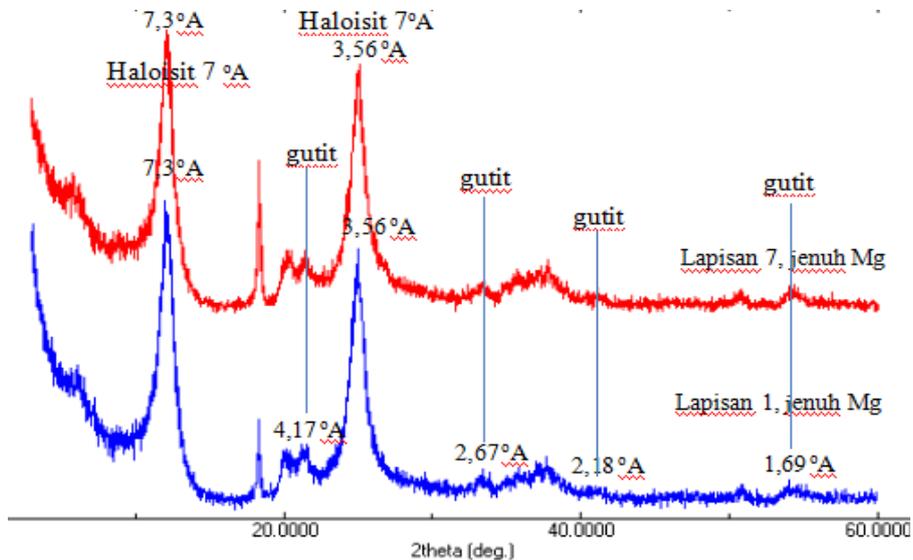
mengandung jenis lempung tipe 2:1. Puncak-puncak defraksi 4,17; 2,67; 2,18 dan 1,69 °A diidentifikasi sebagai oksida-oksida besi gutit. Hasil di atas menunjukkan bahwa komposisi mineral lempung lapisan 1 dan 7 relatif sama, yakni didominasi haloisit 7 °A dan oksida-oksida besi khususnya gutit. Durn *et al.*, (2001) mengatakan bahwa oksida-oksida besi yang mendominasi tanah-tanah merah di Istria Kroasia adalah gutit dan hematit. Tidak munculnya hematit di tanah merah Karangrsari tersebut diduga karena tingkat kelembaban tanah lebih tinggi sehingga oksida-oksida besi tersebut tidak teroksidasi secara kuat. Komposisi jenis mineral lempung tanah merah ini berbeda dengan tanah merah di daerah Mediteran yang ditemukan Durn (2003) yang terdiri atas illit, vermikulit dan chlorit. Sebetulnya bila mencermati analisis fraksi pasir yang menunjukkan adanya biotit berarti juga berpotensi membentuk klorit sebagaimana yang dikatakan oleh Peters dan Hofmann (1984).



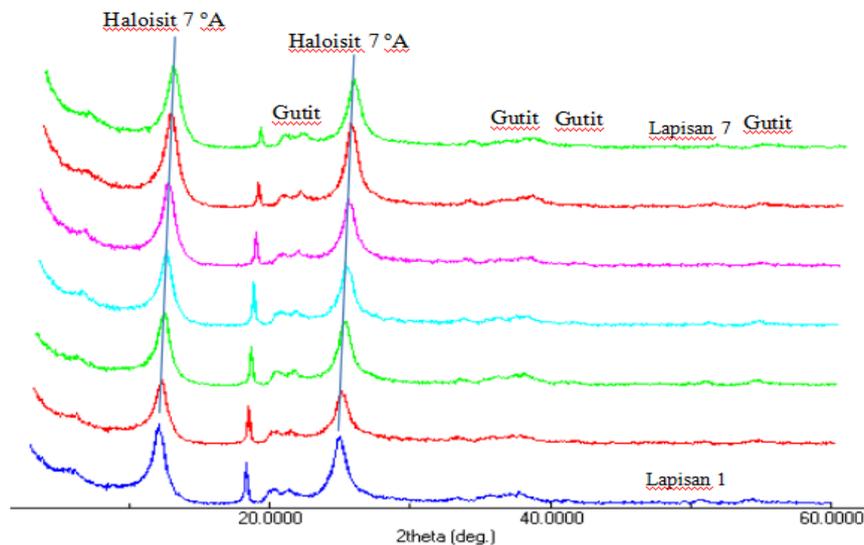
Gambar 6. Pola XRD lempung lapisan atas dengan analisis orientasi

D. Mulyanto: Material Volkanik sebagai Penyusun Utama Tanah Merah

Gambar 7 menunjukkan pola defraksi XRD lempung lapisan 1 dan 7 pada perlakuan penjenuhan Mg, yang secara jelas tidak menunjukkan pola yang berbeda. Belum terbentuknya kaolinit sangat bolehjadi karena tingkat pelapukan tanah yang belum lanjut yang sejalan dengan nilai indeks pelapukan <0,7 yakni berkisar 0,21 - 0,31.



Gambar 7. Pola defraksi fraksi lempung lapisan 1 (bawah) dan 7, dengan perlakuan penjenuhan Mg



Gambar 8. Pola XRD fraksi lempung lapisan 1 – 7 dengan penjenuhan Mg

Secara umum pola XRD lempung tanah merah lapisan 1 – 7 menunjukkan pola yang relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa jenis dan komposisi fraksi lempung relatif sama (Gambar 8). Penulis menginterpretasikan bahwa Haloisit 7°A adalah metahaloisit yang mirip dengan kaolinit bila kehilangan molekul airnya. Birkeland

(1984) mengatakan bahwa proses pencucian yang relatif tinggi menyebabkan kation-kation basa rendah dan $pH < 7$, hal ini mendukung terbentuknya kaolinit dan haloisit. Bentuk haloisit terutama dari material vulkanik dengan fungsi waktu akan terbentuk kaolinit. Kondisi lingkungan tersebut nampaknya sejalan dengan penjelasan sebelumnya, yakni bentuk lahan yang berombak - bergelombang, dan konsentrasi oksida besi terutama gutit yang cukup dominan dapat berdampak membaiknya perembihan air pada kolom tanah. Sifat batugamping yang membawahi tanah-tanah merah sebagian besar menunjukkan adanya retakan-retakan (Gambar 1.), sehingga kondisi lingkungan tersebut sangat mendukung terjadinya pelindihan kation-kation basa yang cukup intensif. Hal tersebut sejalan dengan nilai pH tanah ± 6 walaupun di lingkungan batugamping yang kaya kalsium.

4. Genesis lempung

Kyne *et al.*, (2013) mengatakan bahwa haloisit dan kaolinit secara kimia mempunyai rumus yang sama namun dibedakan oleh strukturnya. Haloisit berbentuk memanjang seperti tabung sedangkan kaolinit berlembar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusun fraksi lempung adalah haloisit 7 °A. Penulis berkeyakinan bahwa mineral lempung haloisit 7 °A yang dimaksud adalah metahaloisit yang sangat mirip dengan kaolinit. Mineral ini diduga hasil sintesis dari pelapukan mineral-mineral primer khususnya felspar sebagaimana teranalisis dalam fraksi pasir halus.

Pembentukan kaolinit di tanah merah dari mineral silikat khususnya dapat dilukiskan sebagai berikut :

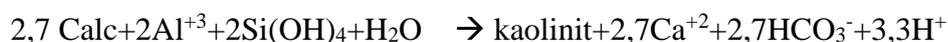


(Bohn *et al.*, 1979; Birkeland, 1983)



(Birkeland, 1983).

Merino dan Banerjee (2008) berpendapat tentang pembentukan kaolinit tanah merah (Terra Rossa) di lingkungan batugamping dengan mekanisme sebagai berikut:



Reaksi tersebut didahului oleh Al dan Si larut air (hasil pelapukan mineral silikat) non gamping yang menuju kalsit untuk membentuk lempung kaolinit. Kaolinit ditemukan sebagai fase mineral lempung pedogenik utama dalam Terra Rossa dari Istria, Croatia (Durn, 2003).

Munculnya kristobalit yang signifikan pada fraksi pasir halus menunjukkan adanya bahan vulkanik kuarter di wilayah tersebut yang diduga mempunyai andil yang sangat besar sebagai bahan induk tanah. Sebelumnya (Mulyanto *et al.*, 2000; Sudihardjo, 2002a; 2002b) melaporkan adanya material amorf seperti alofan pada

fraksi lempung dan mineral-mineral vulkanik yang sangat melimpah di atas karst wilayah Bedoyo-Gunungsewu. Berdasarkan hal tersebut diduga bahwa haloisit pada tanah merah merupakan hasil rekombinasi Si dan Al dari pelapukan feldspar. Disamping itu ada kemungkinan bahwa haloisit juga berasal dari pelapukan bahan tak larut dari batugamping setelah bahan karbonatnya hilang.

KESIMPULAN

Lempung tanah merah di atas batuan karbonat Wonosari adalah haloisit 7 °A dan oksida-oksida besi khususnya gutit yang sangat melimpah. Oksida besi gutit menyebabkan tanah berwarna merah. Bahan induk tanah merah tersebut diduga hasil pelapukan mineral vulkanik khususnya feldspar yang berumur Kuartar. Bahan tak larut khususnya mineral silikat dari batugamping diduga juga ikut menyumbang sebagai bahan induk tanah merah Karang Sari-Wonosari.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmoko, D.D., A. D. Titisari., A. Idrus. 2016. Mineralogy and Geochemistry of Ponjong Red Limestone, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta – Indonesia. *Ris.Geo.Tam* Vol. 26, No.1 (55-69). DOI: 10.14203/risetgeotam2016.v26.269.
- Birkeland, P. W. 1984. *Soil and Geomorphology*. Oxford University Press, New York, Oxford. 372 p.
- Brindley, G.W. and Brown, Gr. 1980. *Crystal Structure of Clay Minerals and X-ray Identification*. Mineralogical Society, London.
- Bohn, H.L., Brian L. McNeal, and George O'Connor. 1979. *Soil Chemistry*. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 392 p.
- Churchman, G.J.; Lowe, D.J. 2012. Alteration, Formation, and Occurrence of Minerals in Soils. In: Huang, P.M.; Li, Y; Sumner, M.E (editor) "Handbook of Soil Sciences. 2nd edition. Vol. I: Properties and Processes". CRC Press (Taylor & Francis), Boca Raton, FL, pp.20.1-20.72.
- Durn, G., D. Slovenec and M. Ovia. 2001. Distribution of Iron and Manganese in Terra Rossa from Istria and its Genetic Implications. *Geologia Croatica* 54/1:27-36
- Durn, G. 2003. The Terra Rossa in the Mediterranean Region: Parent Materials, Composition and Origin. hrcak.srce.hr/file/6257. [27-10-2011].
- Foster, J. and D. Chittleborough. 2003. Soil Development on Dolomites of the Cambrian Normanville Group Delamere, South Australia. In: Roach I.C. *Advances in Regolith* pp. 131-132. CRC LEME.
- Hillier, S. And P.C. Ryan. 2002. Identification of halloysite (7 Å) by ethylene glycol solvation: the 'MacEwan effect'. *Clay Minerals* (2002)37, 487-496
- Kyne, R., P. Holling, N. H. Jansen, and D.R. Cooke. 2013. Supergene and Hypogene Halloysite in a Porphyry-Epithermal Environment at Cerro la Mina, Chiapas, Mexico. *Economic Geology* August 2013v. 108 no. 5 p. 1147-1161
- Macleod D.A. 1980. The origin of the Red Mediterranean soils in Epirus, Greece. *Journal of Soil Science* 31, 125-136.
- Merino, E. and A. Banerjee. 2008. Terra Rossa Genesis, Implications for Karst, and

- Eolian Dust: A Geodynamic Thread. *The Journal of Geology* Vol 116: 62-75.
- Mizota, C.; N. Toh and Y. Matsuhisa. 1987. Origin of cristobalite in soils derived from volcanic ash in temperate and tropical regions. *Geoderma*. Vol. 39: 323-330.
- Mohr, E.C.J., F.A. Van Baren, J. and Van Schuylenborgh. 1972. *Tropical Soils. A Comprehensive of Their Genesis*. Mouton, Ichtar Baru, Van Hoesve. The Hague, Paris, Djakarta.
- Mulyanto, D., D. Shiddieq, dan Indrayana. 2000. Mengaji Asal Bahan Andik pada Pedon Gunung Gatel Wilayah Karst Bukitseribu Gunung Kidul. Prosiding Konggres Nasional HITI VII, Bandung 2 – 4 November 1999.
- Mulyanto, D., T. Notohadikusumo, B.H. Sunarminto. 2006. Hubungan Tingkat Pemerahan Tanah di Atas Batuan Karbonat dengan Komponen-Komponen Pembentuknya. *Jurnal Habitat* Vol. 17 No.3: 235-245.
- Notohadiprawiro, T. 2000. *Tanah dan Lingkungan*. Pusat Studi Sumber Daya Lahan UGM, 187 hal.
- Peters, T.J. And B. Hofmann. 1984. Hydrothermal Clay Mineral Formation in Biotite-Granite in Northern. *Clay Minerals* (19): 579-590.
- Pettijohn, F.J. 1975. *Sedimentary Rocks*. Second Edition. Harper & Brothers, New York, 628 p.
- Schwertmann, U., and D.S. Fanning. 1976. Iron – Manganese Concretions in Hydrosequences of Soils in Bavaria. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 40:731-738.
- Sudihardjo, A.M. 2002a. Transformasi Mineral Amorf Alofan ke Mineral Kristalin Secara Mikroskopik pada Tanah-Tanah Andisol di Kawasan Karst Gunungkidul Yogyakarta. *J. Tanah dan Air*. 3 (1): 1-9.
- _____ 2002b. Phenomena and Environment of Karst Area on Andisolization of Soils in Gunung Kidul, Yogyakarta Special Province. *J. Tanah dan Air*. 3 (2): 57-68.
- Yaalon, D.H. and Ganor, E. (1975). Rates of aeolian dust accretion in the Mediterranean and desert fringe environments of Israel. *Int. Sediment. Congress, Nice*, 2, 169-174.