

KAJIAN SEBARAN HUMUS, ALOFAN DAN SENYAWA HUMUS KOMPLEKS PADA TANAH ANDISOL

(A study on the distribution of Humus, Allophanes and Humus Complexes in Andisols)

Tati B. Kusmiyarti, M. Mega, N.Dibia, D.O. Widyarshana

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Bali
Kampus Bukit Jimbaran, Denpasar, Bali.

ABSTRACT

Humic substances (humus), allophanes and humus complexes are the soil component which have highly reactivity and give great contribution on genesis and lead to presence of specific chemical and physical properties of Andisols. The study on humus, allophanes and humus complexes was conducted on Andisols in Tawangmangu Karanganyar District of Central Java and Bedugul, Tabanan District of Bali to observe the distribution of humus, allophanes and humus complexes along the profile and the factor affected its distribution.

The result showed that the content of humus complexes tend to decrease with the dept in accordance to the content of humus, on the contrary of the content of allophanes. So the humus complexes are abundance on the upper layer whereas the allophanes on the lower layers of the profiles. By means of the regression calculation indicated that both of the pH (H₂O) of the soil and the content of humus are controlled the formation of humus complexes and / or allophanes along the profiles.

Key words: Humic substances, Allophanes, Soil profile, Andisols

PENDAHULUAN

Kenampakan morfologi yang khas dan menonjol pada tanah Andisol adalah adanya horizon A1 yang tebal dan berwarna coklat sampai hitam, yang disebabkan oleh akumulasi dan stabilisasi humus (Wada, 1986). Kehadiran humus dalam Andisol menentukan daya reaksi yang tinggi serta memberikan sumbangan yang besar terhadap proses genesis. Humus yang tinggi ini akan sangat mempengaruhi proses pembentukan dan alih rupa mineral dan selanjutnya juga akan menentukan kehadiran sifat-sifat fisika dan kimia yang khas pada Andisol. Humus dan Andisol dapat bereaksi dengan koloid anorganik membentuk senyawa humus kompleks seperti Al-Fe-humus, alofan-humus dan liat-humus (Inoue dan Huang, 1987). Pembentukan senyawa kompleks ini menyebabkan humus bersifat mantap, sukar terdekomposisi dan terawetkan pada horison permukaan (Kumada, 1987; Wada, 1986). Bagian atas profil yang mengandung konsentrasi Al dan Fe yang tinggi, akan meningkatkan pembentukan kompleks dengan nisbah logam/organik yang relatif tinggi dan relatif sukar larut (Van Ranst, 1993).

Dua proses utama diketahui terlibat dalam genesis tanah Andisol. Pertama, proses hidrolis yang

melapukkan material vulkanik dan membentuk mineral aluminosilikat amorf. Kedua, adalah proses humifikasi parsial terhadap bahan organik serta pembentukan kompleks yang mantap antara humus dengan koloid anorganik hasil lapukan material vulkanik (Kumada, 1987). Dari dua proses utama tersebut akan menghasilkan mineral-mineral liat yang menyusun tanah Andisol, yakni mineral-mineral yang meliputi ordo mineral rangkaian pendek dan senyawa-senyawa humus kompleks (Wada, 1986). Ordo mineral rangkaian pendek merupakan hasil pembentukan kembali produk-produk lapukan material vulkanik. Proses tersebut akan membentuk mineral liat aluminosilikat amorf seperti alofan, imogolit, anasir mirip alofan, aluminium oksidasi dan hidroksida. Fe non kristalin dan ferihidrit (Wada, 1986; Nieuwenhuys *et al.*, 1994).

Di antara mineral-mineral aluminosilikat amorf, alofan merupakan salah satu komponen koloid tanah yang keberadaannya sangat dikendalikan oleh kehadiran humus. Dari berbagai hasil penelitian didapatkan bukti yang kuat bahwa proses pembentukan alofan akan terhambat apabila kandungan asam-asam organik yang dihasilkan oleh humus berada dalam jumlah yang relatif banyak di

dalam tanah (Inoue dan Huang, 1987; Mizota dan Van Reeuwijk, 1989). Tingginya kandungan humus akan mendorong pembentukan senyawa humus kompleks. Dengan demikian proses pembentukan alofan kompleks humus bersifat kompetitif sehingga jumlah masing-masing dalam tanah berhubungan terbalik. Pembentukan senyawa humus kompleks pada horison A menyebabkan pembentukan alofan terhambat, sebaliknya alofan merajai pada horison B karena pembentukan senyawa kompleks humus menurun sejalan dengan menurunnya kandungan humus dalam horison B.

Dari uraian di atas kiranya perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji faktor yang menyebabkan terjadinya persaingan pembentukan alofan dan senyawa kompleks humus, dan sebaran dari humus tanah, alofan serta senyawa humus kompleks sepanjang profil tanah. Pengetahuan ini penting untuk dapat mengkaji proses genesis yang berlangsung di dalam tanah Andisol dan memahami sifat fisika dan kimia tanah Andisol secara lebih baik.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif yang meliputi survai lapangan dan ditunjang oleh analisis laboratorium. Penelitian diawali dengan pengambilan contoh tanah untuk bahan analisis laboratorium. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada sepanjang profil tanah pada masing-masing lapisan yang dibedakan berdasarkan metode *Soil Conservation Service* (1972). Enam buah profil tanah dibuat di Tawangmangu Karanganyar Jawa Tengah dan tiga buah profil tanah dibuat di Bedugul Tabanan Bali.

Analisis pelarutan selektif digunakan untuk menetapkan kandungan senyawa humus kompleks dan alofan. Untuk analisis pelarutan selektif digunakan pengekstrak oksalat, pirofosfat dan ditionit sitrat (Blakemore *et al.* 1987). Kandungan humus yang merupakan kandungan bahan organik ditetapkan dengan metode Walkley and Black. Sebagai pendukung juga dilakukan penetapan pH (H₂O) tanah.

Untuk mengetahui korelasi antar masing-masing komponen yang diamati dilakukan analisis data dengan metode korelasi regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dengan menggunakan pelarut oksalat (Tabel 1) menunjukkan bahwa tanah Andisol di kedua daerah yang diteliti mempunyai kandungan Al, Fe, dan Si terekstrak oksalat yang relatif tinggi (Blackmore *et al.*, 1987). Menurut Wada (1986)

kandungan Al, Fe, dan Si terekstrak oksalat yang tinggi menunjukkan melimpahnya material amorf. Mineral liat amorf seperti alofan, anasir mirip alofan, imogolit, Al-Fe-oksida, Al-Fe-hidroksida, dan juga ferihidrit mempunyai penyusun utama koloid mineral tanah Andisol (Van Rainst, 1993; Van Wambeke, 1992; Wada, 1986).

Hasil analisis dengan menggunakan pelarut pirofosfat (Tabel 1) menunjukkan kandungan Al terekstrak pirofosfat (Alp) yang melimpah pada lapisan permukaan dan kemudian menurun dengan meningkatnya kedalaman. Keadaan ini sejalan dengan kandungan humus yang juga melimpah pada lapisan permukaan kemudian menurun dengan meningkatnya kedalaman (Tabel 3).

Hasil uji korelasi dengan persamaan $Y (Alp) = 0,28 + 0,21 (C\text{-humus}) (F=0,73)$ menunjukkan kandungan humus kompleks yang berkorelasi positif dengan kandungan humus. Tingginya kandungan Alp dan humus di lapisan permukaan mengakibatkan akumulasi dan stabilisasi humus dalam tanah Andisol, hal ini berkaitan dengan pembentukan senyawa kompleks Al-Fe-humus yang stabil dan/atau kompleks anasir mirip alofan-humus (Kumada, 1987; Wada, 1986). Bahan induk yang kaya mineral-mineral mudah lapuk seperti material vulkanik menyebabkan hasil bagian atas profil mengandung konsentrasi Al dan Fe yang tinggi. Keadaan ini meningkatkan pembentukan senyawa kompleks dengan nisbah logam/organik yang relatif tinggi sehingga hanya sedikit larut dalam air (De Coninck, 1978; Van Ranst, 1993)

Hasil perhitungan nisbah Alp/Alo yang menggambarkan besarnya senyawa kompleks humus dalam Tabel 2 menunjukkan adanya pola peturunan dengan semakin dalamnya kedalaman profil tanah. Penurunan ini mengikuti pola yang sama dengan kandungan Alp (Tabel 1) dan kandungan humus tanah (Tabel 3).

Nisbah Alp/Alo merupakan nisbah antara Al larut pirofosfat dan Al larut oksalat. Oksalat dapat mengekstraksi Al dalam bentuk senyawa kompleks humus maupun Al dalam bentuk Alofan, sedangkan pirofosfat hanya dapat mengesktraksi Al dalam bentuk kompleks humus. Mizota dan van Reeuwijk (1989) menggunakan istilah komposisi biner untuk menyebut nisbi Alp/Alo, yang berarti perimbangan antara kandungan alofan dan imogolit dengan jumlah nisbi senyawa kompleks humus dalam Andisol. Komposisi biner beragam antar tanah maupun dalam profil yang sama dan dapat memberikan informasi mengenai pedogenesis serta sifat kimia tanah yang bersangkutan. Harga nisbah

0 berarti komposisi horison dirajai oleh alofan dan sama sekali tidak mengandung senyawa humus kompleks (horizon alofanik). Dan sebaliknya disebut horizon non alofanik apabila harga nisbah adalah 1. Harga nisbah A_{1p}/A_{1o} (Tabel 2) menunjukkan kisaran antara 0,69 – 0,92 pada lapisan permukaan, sedangkan pada lapisan paling bawah menunjukkan kisaran 0,03 – 0,26. Penurunan harga nisbah A_{1p}/A_{1o} yang cukup berarti sepanjang profil tanah menunjukkan bahwa pembentukan senyawa kompleks humus terutama terjadi dalam horison A (horison permukaan) dimana pasokan bahan organik relatif tinggi dibanding lapisan dibawahnya.

Tabel 1. Hasil Analisis (A1, Fe, Si) Ekstrak Ditionit Sitrat Sepanjang Profil pada 9 Profil Terpilih

Kode Profil dan lapisan Profil	Kandungan dari:				
	Alo(%)	Feo(%)	Sio(%)	Alp(%)	Fep(%)
A1	2,35	1,42	0,35	1,67	0,15
A2	2,45	1,62	0,75	0,88	0,15
A3	3,33	1,68	1,06	0,66	0,15
B1	2,41	1,14	0,40	1,66	0,19
B2	2,64	0,96	0,69	1,25	0,19
B3	3,80	1,70	1,26	0,69	0,10
C1	2,81	1,66	0,45	1,98	0,21
C2	3,31	1,76	0,66	1,75	0,21
C3	3,55	1,95	1,13	0,71	0,18
D1	2,81	2,50	0,26	2,40	0,16
D2	2,81	2,45	0,60	1,75	0,12
D3	3,42	2,33	0,90	1,39	0,11
D4	3,72	2,94	1,19	0,97	0,10
E1	2,81	1,60	0,12	2,59	0,08
E2	2,82	1,52	0,25	2,39	0,07
E3	3,00	1,13	0,71	1,45	0,04
E4	3,73	1,24	1,09	0,91	0,03
F1	2,97	1,50	0,32	2,34	0,07
F2	3,21	1,50	0,52	2,11	0,06
F3	3,49	1,87	1,02	1,41	0,03
F4	3,82	2,03	1,17	0,97	0,02
G1	2,05	2,12	0,13	1,79	0,08
G2	2,72	2,63	0,43	1,58	0,07
G3	2,94	1,97	1,02	0,10	0,02
H1	2,11	1,71	0,29	1,54	0,29
H2	2,52	1,69	0,60	1,03	0,12
H3	2,73	1,11	0,98	0,29	0,10
I1	2,68	0,99	0,37	1,96	0,11
I2	2,90	1,79	0,98	0,62	0,10
I3	3,93	1,80	1,42	0,20	0,01

Tabel 2: Hasil Analisis Senyawa Humus Kompleks dan Alofan Sepanjang Profil tanah pada 9 Profil Terpilih.

Kode Profil & Lapisan	Rasio A_{1p}/A_{1o}	Kandungan Alofan (%)
A 1	0.71	2.53
A 2	0.36	5.86
A 3	0.20	10.22
B 1	0.69	2.83
B 2	0.48	5.16
B 3	0.18	11.79
C 1	0.70	3.15
C 2	0.53	5.89
C 3	0.20	10.80
D 1	0.83	1.73
D 2	0.59	4.18
D 3	0.41	7.66
D 4	0.26	10.24
E 1	0.92	0.85
E 2	0.83	1.72
E 3	0.44	5.80
E 4	0.22	10.67
F 1	0.79	2.38
F 2	0.66	4.12
F 3	0.40	7.83
F 4	0.28	10.69
G 1	0.87	0.99
G 2	0.58	4.36
G 3	0.03	9.60
H 1	0.73	2.33
H 2	0.41	4.80
H 3	0.11	9.60
I 1	0.73	2.76
I 2	0.21	8.52
I 3	0.05	14.10

Tabel 3: Hasil Analisis Humus dan pH (H_2O) sepanjang profil Tanah pada 9 Profil Terpilih

Kode	Kandungan Humus (%)	pH (H_2O)
P11	6.97	4.92
P12	6.10	5.31
P13	2.03	5.83
P21	8.08	4.90
P22	4.17	5.81
P23	1.74	6.54
P31	8.91	4.95
P32	5.03	4.98
P33	1.45	5.79
P41	9.29	4.72
P42	6.86	4.87
P43	4.55	4.92
P44	2.27	6.17
P51	9.07	4.71
P52	5.72	4.77
P53	3.79	4.98
P54	1.47	6.79
P61	9.83	4.88
P62	8.27	4.92
P63	5.98	4.98
P64	2.14	6.60
P71	7.64	4.77
P72	5.22	4.95
P73	1.34	6.72
P81	5.67	4.89
P82	3.60	4.93
P83	1.60	6.19
P91	9.55	4.73
P92	5.12	5.53
P93	2.51	6.17

Harga nisbah Al_p/Al_o untuk keseluruhan tanah yang diteliti berkisar antara 0,03-0,92. Hal ini membuktikan bahwa alofan dan senyawa kompleks humus dapat hadir secara bersama dalam suatu lapisan/horison dan pembentukan keduanya tidak terpisah secara eksklusif, meskipun dari hasil perhitungan regresi antara kandungan senyawa kompleks humus dan alofan terbentuk hubungan yang terbalik. Pendapat beberapa ahli (Wada, 1986; Mizota dan Reeuwijk, 1989) yang menyatakan bahwa alofan absen pada horison yang kaya bahan organik kurang tepat bila diterapkan pada hasil penelitian ini, meskipun terjadi penghambatan proses pembentukan alofan di lapisan permukaan. Dengan demikian pada tanah yang diteliti tidak ditemui lapisan-lapisan yang mempunyai komposisi alofanik murni maupun non alofanik murni.

Hasil perhitungan nisbah Al/Si (Al_o-Al_p/Si_o) dan perhitungan kandungan alofan yang ditetapkan berdasarkan perhitungan menurut Mizota dan Van Reeuwijk (1989) pada Tabel 2 menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya kedalaman. Hal ini menunjukkan kandungan Si yang umumnya relatif rendah sehingga kopresipitasi Al dan Si untuk membentuk alofan jauh lebih kecil dibandingkan dengan pembentukan senyawa kompleks humus. Keadaan ini menyebabkan lapisan permukaan lebih didominasi oleh senyawa-senyawa kompleks humus yang stabil. Seiring dengan menurunnya kandungan humus, Al_p dan senyawa kompleks humus dengan meningkatnya kedalaman tanah, maka alofan akan semakin mendominasi lapisan yang lebih dalam.

Merujuk harga pH (H₂O) pada Tabel 3 yang menunjukkan angka di bawah 4,0 di lapisan atas dan menurun menjadi kurang dari 5 pada lapisan bawah ternyata pembentukan alofan akan semakin meningkat pada lapisan bawah. Peningkatan pH (H₂O) menjadi lebih besar dari 5,0 dan penurunan kandungan humus pada lapisan bawah akan menyebabkan penurunan kandungan nisbi senyawa kompleks humus dan peningkatan kandungan alofan.

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif antara kandungan humus terhadap pH (H₂O) dan kandungan alofan seperti ditunjukkan oleh persamaan;

$$Y (\text{C-humus}) = 27,08 - 3,93 (\text{pH-H}_2\text{O}); r = 0,87 \text{ dan,}$$

$$Y (\text{c-humus}) = 9,1 - 0,63 (\text{alofan}); r = 0,86$$

Alofan terbentuk melalui kopresipitasi Al dan Si dari hidroksi Al dan asam silikat. Menurut

Shoji et al. (1987) diperlukan pH tanah lebih besar dari 4,8 untuk mengendapkan alofan. Pada pH (H₂O) dibawah 5,0 dan kondisi dimana asam-asam organik melimpah, akan terjadi penghambatan kopresipitasi antara Al dan Si untuk membentuk alofan. Hal ini terjadi karena adanya pembentukan senyawa kompleks humus dan kondisi pH tanah yang kurang mendukung bagi pembentukan senyawa kompleks humus dan kondisi pH tanah yang kurang mendukung bagi pembentukan alofan. Inoue dan Huang (1987) dalam penelitiannya telah mendapatkan bahwa humus sangat mengganggu proses pembentukan alofan dari larutan yang mengandung ion-ion hidroksi-Al dan asam ortosilikat. Adanya humus akan menyebabkan terbentuknya protoimogo-alofan atau kompleks humus Al-hidroksi tergantung pada jenis dan konsentrasi humus (Wada dan Higashi, 1978).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada kedua daerah penelitian dapat disimpulkan adanya kecenderungan bahwa pembentukan senyawa kompleks humus dan alofan sepanjang profil tanah dikendalikan oleh kondisi pH (H₂O) tanah dan kandungan humus dalam tanah.

Penurunan kandungan humus ke arah lapisan yang lebih bawah yang sekaligus akan menurunkan kandungan asam-asam organik dalam tanah menyebabkan terjadinya peningkatan pH (H₂O). Peningkatan pH (H₂O) dan penurunan asam-asam organik mendorong berlangsungnya proses kopresipitasi Al dan Si membentuk alofan.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakemore, L.C., P.I. Searle, and B.K. Daly, 1987. Methods for Chemical Analysis of Soil. H2 Soil Bureau. Dept. of Sci. and Ind. Research. Lower hutt, New Zealand. p103.
- Inoue, K., and P.M. Huang. 1987. Effect of humic and fulvic acids on the formation of allophane. The clay minerals society, Bloomington, Indiana, 224-226.
- Inoue, K., and P.M. Huang. 1990. Perturbation of Imogolite Formation by Humic Substances. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1490-1497.
- Kumada, K. 1987. Chemistry of Soil Organic Matter. Japan Sci. Soc. Press. Tokyo XI+241p.
- Mizota, C., and L.P. Van Reeuwijk. 1989. Clay mineralogy and chemistry of soil formed in volcanic material in diverse climatic region. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. Netherlands. Vi+185p.

- Nieuwenhuysse, A., A.G., Jongmas, and Van Breemen. 1994. Mineralogy of a Holocene Chronosequence on Andesitic Beach in Costa Rica. *Soil Sci.Soc.Am.J.*58:485-494.
- Soil Conservation Service. 1972. Soil Survey, Laboratory Methods and Procedures for Collecting Samples. Soil Survey Investigation Report No. 1. S.C.S. USDA, Washington DC.
- Van Ranst, E. 1993. Managing Soils of The Humid Tropics as Related to their Mineralogical Properties. Agric. Fac. Gadjah Mada Univ. Yogyakarta-ITC for Post Graduate Soil Scientist, State Univ. Gent., Belgium.
- Wada, K. 1986. Ando Soil in Japan. (Ed). Kyushu University Press. Fukuoka.