

KARAKTERISASI ASAM HUMAT DAN FULVAT SERTA KOLOID Al-Fe PADA HORIZON PERMUKAAN TANAH VULKANIS SUMATERA BARAT

O. Emalinda, Lidya Eka Putri, T. Budi Prasetyo

Laboratorium Genesis dan Klasifikasi Tanah
Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

Abstrak

Informasi tentang sifat dan ciri asam-asam organik yang terdapat pada tanah vulkanis Sumatera Barat masih sangat jarang diteliti. Asam-asam organik ini seperti asam humat dan asam fulvat memainkan peranan penting dalam proses pembentukan tanah sehingga akan sangat mempengaruhi karakter tanah yang terbentuk dari abu vulkanis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakter asam humat dan fulvat tanah vulkanis Sumatera Barat. Penelitian ini telah dilaksanakan mulai bulan November 2002 sampai April 2003 di Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Laboratorium P₃IN Universitas Andalas dan Laboratorium Institut Teknologi Bandung. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kadar asam humat tertinggi didapatkan pada tanah Gunung Sago yaitu 0,6 % diikuti oleh tanah Gunung Talang (Pasar Usang dan Bitungan Guguk), Gunung Marapi, Bukit Gompong (Gunung Talang) dan Gunung Singgalang. Sedangkan % C-organik tertinggi didapatkan pada tanah Gunung Talang (Pasar Usang) yaitu 19,24 %, diikuti oleh tanah Gunung Sago, Gunung Talang (Bitungan guguk dan Bukit Gompong), Gunung Singgalang dan Gunung Marapi. Untuk nilai indeks melanik tertinggi terdapat pada tanah Gunung Singgalang yaitu 2,5 %, kemudian diikuti oleh Gunung Talang (Bukit Gompong), Gunung Marapi, Gunung Talang (Pasar Usang), Gunung Sago dan Gunung Talang (Bitungan Guguk). Sedangkan dari karakterisasi asam humat didapatkan asam humat tipe A untuk tanah Gunung Marapi, Gunung Sago dan Gunung Singgalang dan tipe B untuk tanah Talang berdasarkan identifikasi gugus fungsional asam humatnya. Berdasarkan $\Delta \log K$ didapatkan asam humat tipe B untuk tanah Gunung Singgalang dan tipe R_p untuk asam humat tanah Gunung Marapi, Gunung Sago dan Gunung Talang. Interaksinya dengan koloid Al-Fe terlihat dari rasio Al_p/Al_o , yang mendekati angka 1 (0.018-0.20) sehingga disini terlihat bahwa hampir sebagian besar dari Al dan Fe di dalam tanah membentuk kompleks dengan asam-asam organik seperti asam humat dan asam fulvat.

I. PENDAHULUAN

Tanah vulkanis umumnya berasal dari beragam bahan induk yang berasal dari letusan gunung api pada periode kuartar-tercier (Tan, 1984). Tanah berbahan induk vulkanis tersebar cukup luas di propinsi Sumatera Barat terutama di sekitar Gunung Api baik yang masih aktif, tidur (dormant) ataupun yang tidak aktif (extinct). Tanah vulkanis mempunyai sifat unik dan khas yang tidak dijumpai pada tanah lainnya, antara lain berwarna gelap akibat tingginya kadar bahan organik. Kadar bahan organik yang relatif tinggi ini disebabkan proses dekomposisi bahan organik yang berlangsung lebih lambat pada tanah vulkanis.

Bahan organik tanah sangat mempengaruhi pembentukan mineral liat non-kristalin. Bahan organik tanah dalam jumlah yang banyak akan membentuk opalin silika dengan Si sedangkan dengan Al dan Fe akan membentuk senyawa kompleks. Kedua proses ini akan menghambat proses pembentukan mineral liat non-kristalin (Dahlgren, Shoji dan Nanzyo,

1993). Proses pembentukan kompleks metal-organik secara teoritis akan menghambat proses pembentukan alofan, teori ini dikenal dengan nama teori "binary composition" dari Andisol, pada horizon A lebih banyak dijumpai Al/Fe-humus kompleks sedangkan pada horizon B didominasi oleh mineral alofan, imogolit dan ferihidrit (Mizota dan Van Reeuwijk, 1989; Breemen dan Buurman, 1998).

Mineral liat non-kristalin terbentuk akibat proses pembentukan dan pelapukan bahan induk tanah yang sangat cepat (Shoji *et al.*, 1993). Allen dan Hajek (1989), mengemukakan bahwa lebih dari 60 % bahan yang dimuntahkan gunung api berbentuk debu, cinder, piroklastis dan gelas vulkan. Menurut Van Ranst (1995b), pelapukan gelas vulkan akan membebaskan Ca, Mg, K, Si, Al dan Fe. Ca, Mg dan K adalah kation yang mudah larut, mobil dan akan tercuci sedangkan Si, Al dan Fe relatif tidak mudah larut, tidak mobil dan akan mengendap di horizon bawah. Sebagian besar Si dapat membentuk mineral baru dengan Al ataupun Fe. Proses pembentukannya berlangsung dalam waktu yang relatif cepat sehingga struktur kristalnya tidak sempurna. Mineral dengan struktur kristal yang tidak beraturan ini dinamakan mineral liat non-kristalin ataupun para kristalin.

Berdasarkan hasil penelitian Sutanto (1988), Ahmad, Imbang, Farda dan Fiantis (1994), Fiantis (1995 dan 2000) serta Utami (1998) mineral liat non-kristalin juga ditemui di horizon permukaan, padahal kandungan bahan organik di horizon permukaan dapat mencapai 10 sampai 15%, sedangkan pada waktu yang bersamaan alofan yang dijumpai hampir 10%. Para peneliti tersebut berasumsi bahwa proses pembentukan mineral liat non-kristalin dapat saja berlangsung bersamaan dengan pembentukan metal-humus kompleks. Metal-humus kompleks terbentuk dari reaksi kompleksasi asam-asam organik dengan unsur metal. Sedangkan asam-asam organik seperti asam humat, asam fulvat dan humin terbentuk dari hasil pelapukan bahan organik menjadi humus dan akhirnya terurai menjadi asam-asam organik (Stevenson, 1994).

Persentase bahan organik tanah vulkanis di Sumatera Barat telah dilaporkan oleh beberapa peneliti dibawah ini, namun belum diketahui apakah pada tanah vulkanis Sumatera Barat ini didominasi oleh asam humat atau fulvat dan berapa banyak asam-asam organik ini ada dalam tanah belum ada yang menelitinya. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Fiantis (1995,200) dan Lestari (2001). Tingginya kadar bahan organik pada horizon permukaan tanah vulkanis Sumatera Barat dan hubungannya dengan keberadaan dan interaksi antara koloid Al-Fe dan Asam Humat dan Fulvat merupakan latar belakang dari penyelidikan ini. Penelitian ini merupakan penelitian yang fundamental dan sangat dibutuhkan sebelum melakukan penelitian terapan ataupun dalam pengelolaan tanah vulkanis Sumatera Barat.

II. METODA PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 6 yang direncanakan dimulai pada bulan Maret 2003. Pengambilan sampel tanah dilakukan di daerah yang mempunyai sebaran tanah vulkanis cukup luas. Andisol akan diambil didaerah sekitar G. Marapi, G. Singgalang, G. Sago dan G. Talang.

Pengambilan contoh tanah (sampling) akan dilakukan pada horizon permukaan, selanjutnya sampel tanah tersebut akan dianalisis sifat-sifat kimianya. Analisis sifat kimia dan mineraloginya akan dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah Unand, untuk analisis identifikasi asam humat dan fulvat akan dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Kimia Unand dan untuk analisis Spektroskopi Infra merah akan dilaksanakan di Laboratorium Jabatan Kimia Fakultas Sains Universiti Putra Malaysia, Serdang Selangor Malaysia.

B. Bahan dan alat

Contoh tanah didapatkan dari sisa penelitian Fiantis (2000) yang diambil dari tanah pada G. Marapi yang terdiri dari 1 profil, G. Singgalang yang terdiri dari 1 profil, G. Sago yang terdiri dari 1 profil. Sedangkan untuk tanah pada G. Talang didapatkan dari sisa penelitian Lestari (2001) yang terdiri dari 3 profil. Sampel diambil pada tiap horizon permukaan tanah (0 – 20 cm) dan berjumlah 6 buah. Penetapan lokasi profil tanah berdasarkan peta geologi tanah dan peta topografi skala 1 : 40.000. Contoh tanah telah dihaluskan dengan kehalusan < 2 mm dan dalam keadaan kering udara.

C. Metoda

1. Analisis Kimia Tanah

- (i) pH tanah yaitu pH H₂O dan pH KCl (elektrometrik)
- (ii) Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Anion (KTA) (Gillman dan Sumpner)
- (iii) C-organik metoda pengabuan (Gaur, 1982)
- (iv) Indeks Melanik (Honna *et al.*, 1988)
- (v) Muatan Permukaan (pH₀) (Gillman dan Abel, 1985)

2. Analisis Al dan Fe dengan Ammonium Oxalat dan Asam Pirofosfat

- (i) Ekstraksi dengan Ammonium Oxalat (Blakemore *et al.*, 1987)

Dilakukan dengan mengocok 1 g tanah/liat tanah dengan 100 ml 0,2 M ammonium oxalate (pH 3) dalam kondisi gelap selama 4 jam. Al, Fe dan Si diukur dengan AAS.

- (ii) Ekstraksi dengan Asam Pirofosfat (Blakemore *et al.*, 1987)

Dilakukan dengan cara mengocok 1 g tanah/liat tanah dengan 100 ml 1 M Na-pirofosfat selama semalam. Al, Si dan Fe diukur dengan AAS.

3. Ekstraksi Asam Humat dan Fulvat (Tan, 1995 dan Uehara, Gillman, 1980).

Dilakukan dengan cara mengocok 10 g tanah dengan 50 ml NaOH 0,1 M selama 24 jam. Selanjutnya disentrifus pada kecepatan 10.000 rpm pada suhu 4° C selama 15 menit dan dilanjutkan dengan kecepatan 15.000 rpm selama 15 menit. Setelah filtrat disaring tambahkan dengan 50 ml 0,1M HCl biarkan selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pemisahan asam humat dan fulvat dengan cara sentrifus pada kecepatan 15.000 rpm selama 10 menit. Filtrat mengandung asam fulvat ditandai dengan warna kekuningan dan residu berwarna kehitaman adalah asam humat.

4. Analisis Spektroskopi Infra Merah

Timbang 1 mg asam humat, 2 – 5 mg asam fulvat dan tambahkan 250 mg KBr. Selanjutnya campurkan dan giling secara hati-hati dengan lumpang lalu press (tekan) dengan menggunakan Hidrolik Press sehingga terbentuk piringan KBr atau disk tipis dengan diameter 13 mm. Keluarkan sampel dan analisis dengan spektra inframerah dengan pita serapan 4000 sampai 400 cm⁻¹ pada FT-IR Spektrometer 1725 x.

D. ANALISIS DATA

Data yang didapatkan dari hasil analisis akan diuji hubungannya satu sama lain. Terutama hasil analisis Al₀ dan Si₀ (Al dan Si yang diekstrak dengan ammonium oxalat dan Al_p dan Fe_p (Al dan Fe yang diekstrak dengan asam pirofosfat). Identifikasi asam humat dan fulvat dihitung dari ekstraksi asam humat dan fulvat dan diuji hubungannya dengan indeks melanik yang didapatkan sedangkan untuk mendapatkan data kuantitatif dan kualitatif dari gugus fungsional masing-masing asam humat dan fulvat didapatkan dari hasil Spektroskopi Infra Merah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sifat Kimia Tanah Secara Umum

Untuk mengetahui sifat kimia tanah yang berhubungan dengan keberadaan asam humat dan fulvat serta koloid Al – Fe aktif maka dilakukan analisis kimia tanah secara umum dengan hasil yang tercantum dalam Tabel 1. Reaksi (pH) tanah vulkanis yang telah diteliti berkisar antara masam sampai agak masam yaitu sekitar 4.38 – 5.60 dan merupakan sifat dan ciri dari tanah yang relatif muda dan berkembang dari bahan induk vulkanis.

Delta pH (pH KCl – pH H₂O) walaupun umumnya bernilai negatif tetapi angkanya mendekati nol. Dari nilai delta pH yang diperoleh dapat diasumsikan bahwa tanah-tanah vulkanis dari keempat Gunung ini memiliki koloid liat bermuatan bervariasi.

Parfitt (1982) menjelaskan bahwa muatan permukaan pada Andisol sangat dipengaruhi oleh kadar aloan. Selanjutnya Tan (1992) menyatakan bahwa koloid tanah dapat juga menunjukkan muatan positif seperti halnya muatan negatif. Muatan positif memungkinkan terjadinya reaksi pertukaran anion dan sangat penting dalam retensi fosfat. Muatan ini diperkirakan berasal dari protonasi atau penambahan ion H⁺ ke gugus hidroksil, hal ini tergantung pada pH dan valensi dari ion logam, biasanya proses ini berlaku pada lempung oksida Al dan Fe.

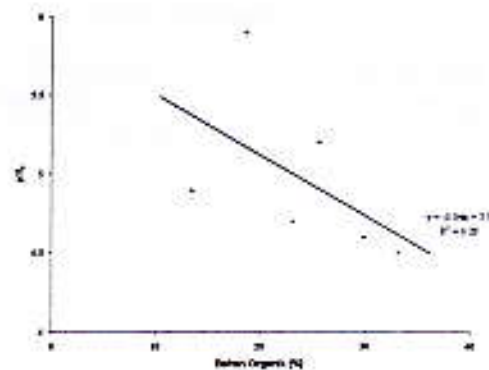
Tan (1998b) menjelaskan bahwa proton tidak hanya dapat terdisosiasi dari gugus OH yang terbuka, tetapi juga menyerap atau memperoleh proton, proses ini berlaku pada media yang sangat masam, dan akhirnya akan menghasilkan muatan positif.

Tabel 1. Nilai pH H₂O, pH KCl serta pH₀ dari Tanah Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang

Kode Sampel	Nilai pH Tanah		Nilai Delta pH (KCl-H ₂ O)	Nilai pH ₀
	H ₂ O	KCl		
MRP	4.70	4.51	-0.19	4.99
SGO	4.38	4.08	-0.30	4.60
SGL	5.28	4.99	-0.29	5.90
BGP	5.05	4.87	-0.18	4.67
BTG	5.30	5.29	-0.01	5.23
PSU	5.60	4.73	-0.87	4.51

Ket : MRP = Gunung Marapi BGP = Bukit Gompong (Gunung Talang)
SGO = Gunung Sago BTG = Bitungan Guguk (Gunung Talang)
SGL = Gunung Singgalang PSU = Pasar Usang (Gunung Talang)

Pada Tabel 1 terlihat bahwa tanah vulkanis yang telah diamati ini memiliki kecenderungan bermuatan positif, ditandai dengan nilai delta pH yang bernilai negatif dan bahkan ada yang mendekati angka nol. Selain itu dapat juga dilihat dari nilai pH tanah yang lebih besar dari pH₀, seperti yang terlihat pada tanah-tanah Bukit Gompong, Bitungan Guguk dan Pasar Usang. Hal ini diduga disebabkan oleh akumulasi bahan organik yang tinggi pada ketiga jenis tanah (Talang) yaitu 23.12 % sampai 33.17 % (Tabel 3). Dari Gambar 3 diketahui hubungan antara nilai pH₀ tanah dan bahan organik. Untuk lebih jelasnya korelasi antara akumulasi bahan organik dengan nilai pH₀ dapat dilihat pada Gambar 3.

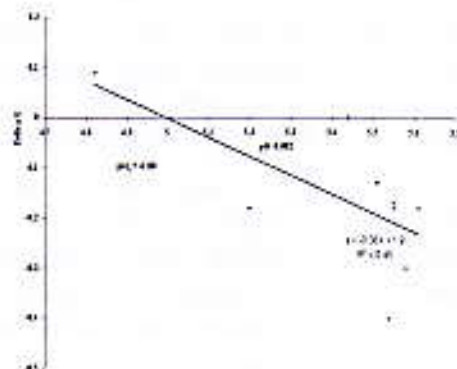


Gambar 1. Hubungan Bahan Organik Tanah dengan Nilai pH₀

Dari Gambar 1 terlihat bahwa peningkatan bahan organik tanah cenderung menurunkan nilai pH₀ tanah. Bahan organik mempunyai pH₀ yang rendah (< 3.5) sehingga jika kadarnya meningkat dalam tanah maka akan dapat menurunkan pH₀ tanah secara keseluruhan. Van Ranst (1995b) mengemukakan bahwa penurunan pH₀ disebabkan anion organik diikat oleh koloid liat tanah yang bermuatan positif.

Hubungan antara pH₀ dan karbon organik pada tanah sudah banyak yang menelitinya. Dilaporkan oleh Boniao *et al* (2002) yang menggunakan kompos dan gambut (peat), mengakibatkan pH₀ tanah vulkanis dari Mindanao (Filipina) turun dari 4.0 menjadi 3.2 setelah diinkubasi selama 9 bulan. Selain itu penggunaan silikat sebagai bahan amelioran untuk menurunkan pH₀ tanah juga telah mulai banyak diteliti. Gillman (1980) dan Van Ranst (1995b) menggunakan silikat alam yang berasal dari Basalt Scoria pada tanah yang terlapuk lanjut (Oxisol), sedangkan Boniao *et al* (2002) melakukan uji coba pada tanah vulkanis dan Oxisol, dimana terjadi penurunan pH₀ tanah sebesar 0.4 unit setelah dilakukan inkubasi selama 9 bulan.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa antara tanah Gunung Sago dan Gunung Talang (BGP dan PSU) ternyata memiliki nilai pH₀ yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah Gunung Marapi dan Gunung Singgalang. Ini mempunyai implikasi bahwa tanah vulkanis Gunung Singgalang dengan nilai pH₀ 5,90 memiliki kemampuan menyerap anion yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanah-tanah lainnya. Sebaliknya pada pH tinggi, kemampuan tanah vulkanis untuk mengikat kation-kation yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi akan menjadi lebih besar. Untuk lebih jelasnya hubungan muatan tanah dengan nilai pH₀ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pH₀ Tanah Vulkanis Gunung Marapi

Tabel 2. Nilai KTK dan KTA Tanah Vulkanis Sumatera Barat

Kode Sampel	KTK (NH ₄ OAc) (cmol _c kg ⁻¹)		Compulsive Exchange (cmol _c kg ⁻¹)	
	pH 5.5	pH 7.0	KTK	KTA
MRP	35.80	40.57 ¹	-	0.030
SGO	20.00	25.62 ²	-	0.023
SGL	30.21	-	-	0.028
BGP	28.83	33.18 ³	6.26 ⁴	0.025
BTG	27.25	32.87 ³	10.59 ⁴	0.036
PSU	25.40	29.35 ³	10.88 ⁴	0.034

Ket : MRP = Gunung Marapi BGP = Bukit Gompong (Gunung Talang)
 SGO = Gunung Sago BTG = Bitungan Guguk (Gunung Talang)
 SGL = Gunung Singgalang PSU = Pasar Usang (Gunung Talang)

¹ Fiantis (2000)

² Adrian (data belum dipublikasi)

³ Lestari (2001)

⁴ Supriani (2003)

- - Data tidak ada

Berdasarkan Tabel 2 terlihat kapasitas tukar kation (KTK) pada semua tanah (Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang) dengan menggunakan metoda pencucian ammonium acetat (NH₄OAc) pH 5.5 dan 7 secara umum tergolong kepada kriteria sedang sampai sangat tinggi yakni 20.00 – 35.80 cmol_c kg⁻¹ untuk KTK tanah pada pH 5.5 dan 25.62 – 40.57 cmol_c kg⁻¹ untuk KTK tanah pada pH 7. Dari nilai ini dapat terlihat kemampuan semua tanah yang diamati dalam menjerap kation tanah pada horizon permukaan sangat tinggi. KTK tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah, dimana terdapat hubungan yang positif antara pH dan KTK tanah.

Pada pH rendah KTK tanah akan menjadi rendah. Hal ini disebabkan karena tanah hanya memiliki muatan permanen liat, dan sebagian muatan koloid organik yang memiliki ion dapat digantikan melalui pertukaran kation, dengan demikian KTK tanah menjadi rendah. Dengan meningkatnya pH, H⁺ diikat oleh koloid organik dan liat berionisasi dan dapat digantikan (Hakim *et al.*, 1986).

Selain itu nilai KTK tanah juga dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik tanah, dimana semakin meningkat ketersediaan bahan organik tanah maka KTK tanah juga akan relatif meningkat. Hal ini diakibatkan karena bahan organik tanah mempunyai daya jerap kation yang lebih besar dibandingkan dengan koloid liat.

KTK yang didapatkan melalui metoda pencucian ammonium acetat tidak dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Hal ini disebabkan karena penentuan KTK tanah yang dilakukan pada pH 7 sedangkan pH tanah vulkanis yang diteliti berada antara 4.38 – 5.60. Jadi bila pH tanah dinaikkan satu atau dua unit lebih tinggi, akan terjadi penambahan muatan negatif tanah sehingga KTK yang dianalisis dengan menggunakan NH₄OAc pH 7 menghasilkan nilai KTK yang tidak sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Fiantis (2000), KTK yang dianalisis dengan menggunakan ammonium acetat pH 7 menghasilkan nilai KTK yang tidak riil atau tidak cocok dengan keadaan sebenarnya untuk Andisol. Tetapi dengan menggunakan KTK dengan metoda berbagai pH (compulsive exchange) dapat menghasilkan nilai yang lebih realistis karena disesuaikan dengan kondisi atau keadaan lingkungan yang sebenarnya.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai KTK dan KTA termasuk ke dalam kriteria rendah untuk KTK dan sangat rendah untuk KTA. KTK dan KTA yang rendah merupakan masalah utama yang terjadi pada tanah vulkanis. Diduga rendahnya nilai KTK dan KTA pada tanah

vulkanis disebabkan oleh jenis mineral liat dan muatan permukaan liatnya yang bervariasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Darmawidjaya (1990), bahwa perbedaan jumlah mineral liat juga dapat mempengaruhi KTK tanah. Dari analisis KTA dengan menggunakan metoda compulsive exchange didapatkan bahwa nilai KTA tanah sangat rendah dibandingkan dengan nilai KTK tanah, hal ini diduga disebabkan oleh sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah yang berada pada horizon permukaan.

Dilaporkan oleh Fiantis (1995), kapasitas menyerap anion tanah Gunung Marapi dan Gunung Talamau dengan pH tanah antara 5 sampai 6 adalah $0.2 - 0.6 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ pada horizon permukaan dan antara $1.1 - 2.8 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ pada horizon bawah. Sedangkan kapasitas menyerap kation berada antara kisaran $2.7 - 8.6 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ di lapisan atas dan $0.9 - 3.1 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ pada lapisan bawah, berarti kapasitas untuk menahan anion lebih tinggi di lapisan tanah bawah sedangkan pada lapisan tanah atas, kapasitas menyerap kationlah yang besar.

Hal ini disebabkan karena pada tanah lapisan bawah banyak ditemukan alofan yang mengandung senyawa aktif Al-Fe sehingga kapasitas menahan anion lebih besar. Sedangkan pada lapisan atas mengandung bahan organik dalam jumlah yang besar sehingga nilai KTK meningkat dan akhirnya menyebabkan kation yang diikat oleh tanah menjadi lebih besar.

KTK tanah juga dapat mengidentifikasi tingkat perkembangan tanah Menurut Jackson (1965), tingkat perkembangan tanah tahap awal dicirikan oleh nilai KTK $> 25 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$, pada tahap perkembangan transisi nilai KTK $< 25 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ dan tahap lanjut dicirikan oleh KTK $< 15 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$.

2. Karakterisasi Asam Humat dan Fulvat serta Hubungannya dengan Bahan Organik Tanah

Untuk melihat bagaimana pengaruh bahan organik tanah terhadap ketersediaan asam humat dan fulvat pada horizon permukaan tanah vulkanis Sumatera Barat, maka perlu diketahui berapa % C-organik, Indeks melanik (IM), serta indeks humifikasi (degree of humification = DH) dari asam humat dan asam fulvat. Untuk lebih jelasnya hubungan antara bahan organik tanah dengan ketersediaan asam humat dan fulvat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan C-organik, Indeks Melanik, Indeks Humifikasi dan Asam Humat serta Asam Fulvat pada Horizon Permukaan Tanah Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang

Kode Sampel	C-Organik	Bahan Organik	Asam Humat (/10 gr Tanah)	Asam Fulvat (/150 ml larutan) (% Volume)	IM	DH
	% Berat					
MRP	7.80	13.45	0.45	83.3	2.33	11.3
SGO	17.34	29.89	0.60	83.3	1.89	12.3
SGL	10.83	18.68	0.35	73.3	2.26	6.2
BGP	13.41	23.12	0.50	72.0	2.11	12.1
BTG	14.85	25.61	0.50	73.3	1.83	8.1
PSU	19.24	33.17	0.50	72.0	1.90	9.4

Ket: MRP - Gunung Marapi BGP - Bukit Gompeng (Gunung Talang)
 SGO - Gunung Sago BTG - Bitungan Guguk (Gunung Talang)
 SGL - Gunung Singgalang PSU - Pasar Usang (Gunung Talang)

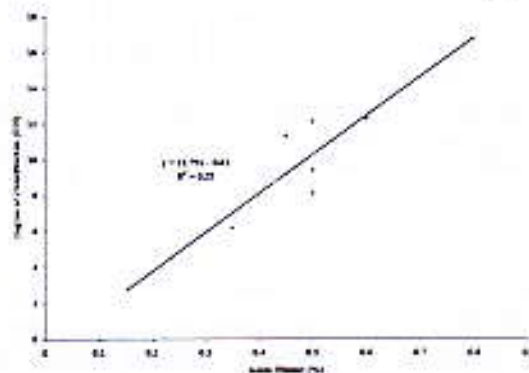
Dari Tabel 3 terlihat bahwa persentase asam humat tertinggi terdapat pada tanah Gunung Sago yaitu 0.60 %, sedangkan persentase asam humat terendah terdapat pada tanah Gunung Singgalang yaitu 0.35 %. Bila dilihat dari % asam humat pada tanah-tanah yang

diamati ini dapat diasumsikan bahwa terjadinya peningkatan % asam humat seiring dengan peningkatan persentase C-organik di dalam tanah.

Tetapi terdapat pengecualian untuk tanah Gunung Singgalang, dimana dengan % C-Organik 10.83 % hanya mengandung 0.35 % asam humat. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan indeks humifikasi pada tanah Gunung Singgalang yaitu 6.2 yang berarti bahwa proses humifikasinya belum berlangsung sempurna.

Kobo dan Ohba (1964 *cit* Tan 1984) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara kandungan C-Organik pada lapisan permukaan dengan tingkat pelapukan tanah. Sedangkan Shinagawa (1962 *cit* Tan 1984), menemukan bahwa akumulasi bahan organik didalam tanah berhubungan dengan perkembangan tanah, dimana proses ini disebabkan oleh : 1) perubahan tekstur tanah menjadi lebih halus, 2) vegetasi yang subur, 3) pelapukan labradorit pada bahan induk, 4) meningkatnya oksida bebas, dan 5) meningkatnya kegiatan liat yang bersifat allophanic.

Indeks humifikasi pada tanah yang diamati sekitar 6.2 – 12.3. Dimana tanah Gunung Sago, tanah Bukit Gompeng (Gunung Talang) dan tanah Gunung Marapi mengalami perkembangan yang lebih lanjut dibandingkan ketiga jenis tanah lainnya, yaitu berturut-turut 12.3, 12.1 dan 11.3. Dari data ini dapatlah diketahui bahwa semakin meningkat indeks humifikasi maka semakin meningkat pula ketersediaan asam humat dan asam fulvat. Diduga tanah-tanah yang memiliki tingkat pelapukan yang tinggi mengalami proses humifikasi yang sempurna sehingga persentase asam humat yang diperoleh menjadi lebih besar. Untuk lebih jelasnya hubungan ketersediaan asam humat indeks humifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Korelasi % Asam Humat dan Indeks Humifikasi

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin besar jumlah asam humat didalam tanah, maka tingkat humifikasi juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pada tanah-tanah yang memiliki indeks humifikasi yang besar maka proses humifikasinya berlangsung dengan sempurna, sehingga akan menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat dalam jumlah yang besar.

Selanjutnya untuk mengamati hubungan bahan organik dengan kandungan asam humat dan fulvat dapat dilihat dari nilai Indeks Melanik. Dari data yang diperoleh IM (Indeks Melanik) dari masing-masing tanah yaitu > 1.7 berkisar antara 1.83 – 2.33, dari nilai ini dapat diketahui bahwa dari tanah-tanah yang diamati di dominasi oleh asam fulvat. Sebagaimana yang dikemukakan Horna *et al* (1988), bila IM > 1.7 menandakan kadar asam fulvat lebih banyak bila dibandingkan dengan asam humat dan horizon permukaan tanah termasuk horizon fulvik (FAO-ISRIC-ISSS, 1998). Jika indeks melanik < 1.7 berarti asam humat lebih dominan dan akan terbentuk epipedon melanik (Soil Survey Staff, 1999).

Dari data yang diperoleh tersebut terlihat bahwa asam fulvat yang mendominasi tanah-tanah yang diamati, karena apabila dilihat dari pH tanahnya yaitu berkisar antara masam sampai agak masam (4,38 – 5,60), dari nilai pH tanah ini dapat diasumsikan bahwa asam fulvat dengan kemasaman total yang tinggi akan menyumbangkan sebagian besar H⁺ ke dalam tanah sehingga pH tanah menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tanah-tanah dengan kadar asam fulvat yang sedikit. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Stevenson (1994) dan Tan (1998b), bahwa asam fulvat akan melepaskan ion H⁺ lebih banyak ke dalam tanah sehingga menyebabkan tanah-tanah dengan kadar asam fulvat tinggi akan mempunyai pH tanah yang rendah.

3. Karakterisasi Koloid Al – Fe Aktif

Pada karakterisasi koloid Al – Fe Aktif dilakukan analisis ekstraksi Al dan Fe dengan menggunakan asam ammonium oksalat dan asam pirofosfat. Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Al, Fe dan Si oksalat, Al, Fe pirofosfat, Al_p/Al_o serta Fe_p/Fe_o pada Horizon Permukaan Tanah Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang

Kode Sampel	Al _o (%)	Fe _o	Al _p	Fe _p	Si _o	Al _p /Al _o	Fe _p /Fe _o	Al _o + ½ Fe _o	Alofan (%)
MRP	2.82	0.30	0.05	0.10	1.41 ¹	0.018	0.33	2.95	10 ¹
SGO	1.00	0.22	0.20	0.95	-	0.200	4.32	1.10	-
SGL	1.52	0.20	0.05	0.10	-	0.033	0.51	1.62	-
BGP	2.30	0.22	0.15	0.95	0.78 ¹	0.065	4.30	2.41	6 ¹
BTG	2.25	0.21	0.07	0.08	0.66 ¹	0.031	0.38	2.35	5 ¹
PSU	1.64	0.21	0.14	0.61	0.47 ¹	0.085	2.95	1.74	4 ¹

Ket: MRP = Gunung Marapi BGP = Bukit Gompong (Gunung Talang)
 SGO = Gunung Sago BTG = Bitungan Guguk (Gunung Talang)
 SGL = Gunung Singgalang PSU = Pasar Usang (Gunung Talang)

¹ Fiantis (2000)

- = Data tidak ada

Pada Tabel 4 terlihat bahwa hasil ekstraksi Al, Fe oleh asam ammonium oksalat berkisar 1.00 – 2.8 % untuk Al (aluminium) dan 0.21 – 0.30 % untuk Fe (besi), dengan persentase tertinggi pada tanah Gunung Marapi. Dari hasil yang diperoleh dapatlah diindikasikan bahwa keempat tanah ini yaitu Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang, Bukit Gompong, Bitungan Guguk dan Pasar Usang (Gunung Talang) mengandung Al dan Fe dalam bentuk non-kristalin. Menurut Van Reeuwijk (1992), Al dan Fe yang terekstrak dari asam ammonium oksalat disebut juga dengan koloid Al – Fe aktif. Shoji *et al* (1993) menyatakan bahwa koloid Al – Fe aktif pada tanah vulkanis terdiri dari alofan, fehidrit dan imogolit.

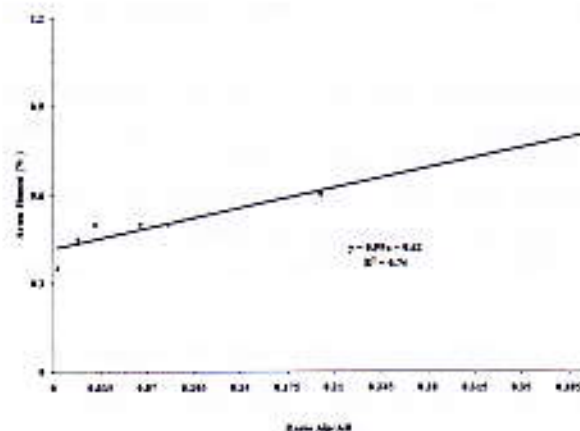
Sedangkan dari Si_o (Si hasil ekstraksi ammonium oksalat) terlihat dengan jelas bahwa tanah-tanah yang diamati memiliki persentase Si_o antara 0.47 – 1.41 %. Dari data yang diperoleh ini dapat diduga bahwa semakin besar kandungan Si_o di dalam tanah, maka semakin besar jumlah alofan di dalam tanah. Secara keseluruhan kandungan alofan pada masing-masing tanah yang diamati adalah rendah yaitu 4 – 10 %.

Kehadiran alofan memberikan sifat-sifat yang khas pada tanah, karena alofan mempunyai muatan bervariasi yang besar, KTK 20 – 60 cmol_c Kg⁻¹ serta dapat mengikat fosfat dalam jumlah yang banyak (Wada, 1989; Tan, 1992; Van Ranst, 1995).

Rendahnya kandungan alofan pada horizon permukaan keempat tanah yang diamati, diduga disebabkan oleh terhambatnya proses pembentukan alofan, dimana Al dan Fe diikat oleh asam-asam organik. Karena apabila diperhatikan rasio Fe_p / Fe_o dan rasio Al_p / Al_o pada masing-masing tanah yang diamati berkisar antara 0.33 sampai 4.3 untuk rasio Fe_p / Fe_o dan 0.018 - 0.20 untuk rasio Al_p / Al_o . Menurut Shoji (1984), rasio Fe_p / Fe_o dan rasio Al_p / Al_o menunjukkan adanya pembentukan kompleks Al dan Fe humus. Bila rasio Fe_p / Fe_o dan rasio Al_p / Al_o nilainya mendekati 1.0 maka mengidentifikasi bahwa hampir semua Al dan Fe aktif membentuk kompleks dengan bahan organik.

Sedangkan bila rasio Fe_p / Fe_o dan rasio Al_p / Al_o nilainya >1 maka dapat diasumsikan bahwa hampir seluruh Al dan Fe aktif termasuk kedalam bentuk "non-allophanic" yaitu dalam bentuk opalin silika. Opalin silika merupakan hasil pelapukan awal dari glass vulkan dimana pada proses ini terjadi kelebihan pasokan Si di dalam larutan tanah atau hampir seluruh Al diikat oleh bahan organik (Wada, 1989). Menurut Shoji *et al* (1993), opalin silika banyak dijumpai pada horizon A tanah vulkanis yang kaya akan humus.

Hasil penelitian Baham dan Simonson (1985), menunjukkan bahwa nilai Al_p / Al_o untuk horizon andik mendekati 0.5 menandakan sebagian besar Al (Aluminium) ada dalam bentuk humus - metal kompleks. Ditambahkan oleh Mizota dan Van Reeuwijk (1989), perbandingan antara Al_p / Al_o (Al hasil ekstraksi Na-pirofosfat dan Al hasil ekstraksi ammonium oksalat) dapat memberikan indikasi jumlah Al yang berasal dari kompleks Al dengan humus atau alofan. Jika rasio Al_p / Al_o rendah, mendekati angka nol maka Al berasal dari alofan dan tanah didominasi oleh mineral ini. Sedangkan jika rasio Al_p / Al_o tinggi yaitu mendekati angka satu, maka Al-humus kompleks adalah mineral yang dominan pada tanah tersebut. Untuk lebih jelasnya hubungan antara rasio Al_p / Al_o dengan asam humat di dalam tanah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Korelasi rasio Al_p / Al_o dan % Asam Humat

Dari Gambar 4 terlihat bahwa seiring dengan peningkatan rasio Al_p / Al_o maka terjadi peningkatan % asam humat. Hal ini diduga disebabkan rasio Al_p / Al_o dari tanah yang diamati mendekati angka 1.0, maka dapat diasumsikan bahwa hampir sebagian besar dari Al yang terekstrak membentuk kompleks dengan asam-asam organik seperti asam humat sehingga akan meningkat persentasenya di dalam tanah. Sedangkan apabila rasio $Al_p / Al_o < 1$ maka Al yang terekstrak oleh ammonium oksalat dan asam pirofosfat sebagian besar atau seluruhnya berasal dari Al yang terdapat pada mineral alofan.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai Al dan Fe yang diekstrak dengan oksalat relatif rendah, maka menunjukkan bahwa tanah-tanah yang diamati hanya mengandung sejumlah kecil alofan pada horizon permukaannya. Kandungan alofan ditemukan lebih rendah pada horizon permukaan, seperti yang terlihat pada tanah Gunung Marapi, Bukit Gompeng, Bitungan Guguk dan Pasar Usang (Gunung Talang) yaitu berturut-turut 10 %, 6 %, 5 % dan 4 %. Hal ini juga didukung oleh penelitian Fiantis (2000) dimana pada horizon A dari tanah Gunung Marapi dan Gunung Pasaman lebih rendah persentasenya dibandingkan pada horizon bawah yaitu 7.33 % (Gunung Marapi) dan 17.5 % (Gunung Pasaman) untuk horizon atas sedangkan untuk horizon bawahnya 8.67 % (Gunung Marapi) dan 20.5 % (Gunung Pasaman). Proses ini diduga erat kaitannya dengan aktifitas humus-metal kompleks yang tinggi, sehingga menghambat pembentukan alofan.

Mineral alofan ini akan mengikat gugus karboksil dari asam organik yang bermuatan negatif untuk membentuk kompleks humus - alofan yang sulit untuk diputus, sehingga mencegah biodegradasi dan leaching. Hal ini tentu mengakibatkan tingginya akumulasi bahan organik tanah pada horizon permukaan (Van Breemen dan Buurman, 1998).

Alofan tidak terbentuk secara baik pada horizon atas (Wada 1989). Hal ini disebabkan oleh tingginya akumulasi bahan humus dibagian atas, sehingga Al yang berada pada tanah, sebagian terlebih dahulu membentuk Al - humus kompleks, baru kemudian membentuk alofan. Dengan kata lain Al yang tersedia digunakan terlebih dahulu untuk pembentukan Al-humus kompleks baru kemudian untuk pembentukan mineral alofan.

Hal ini didukung oleh pernyataan Fiantis (2002), bahwa pembentukan humus memerlukan waktu yang lebih singkat bila dibandingkan dengan pembentukan alofan. Dengan kata lain, Al baru dapat tersedia untuk pembentukan mineral alofan hanya setelah selesainya proses pembentukan Al-humus kompleks. Besar kemungkinan fenomena inilah yang dapat menjelaskan dijumpainya alofan pada horizon A bersamaan dengan adanya Al-humus kompleks.

Sedangkan hasil ekstraksi Al dan Fe dengan menggunakan pelarut asam pirofosfat lebih rendah dibandingkan dengan pelarut ammonium oksalat yaitu 0.05 - 0.2 % untuk Al dan 0.08 - 0.95 % untuk Fe. Ini menunjukkan bahwa Al dan Fe yang berikatan dengan asam-asam organik lebih sedikit yang dapat dilepaskan oleh asam pirofosfat. Menurut Dahlgren (1993) pelarut asam pirofosfat digunakan untuk mengekstrak senyawa-senyawa organik yang mengikat Al dan Fe (humus Al-Fe) dalam tanah sehingga kation-kation dari kompleks humus tanah menjadi lepas.

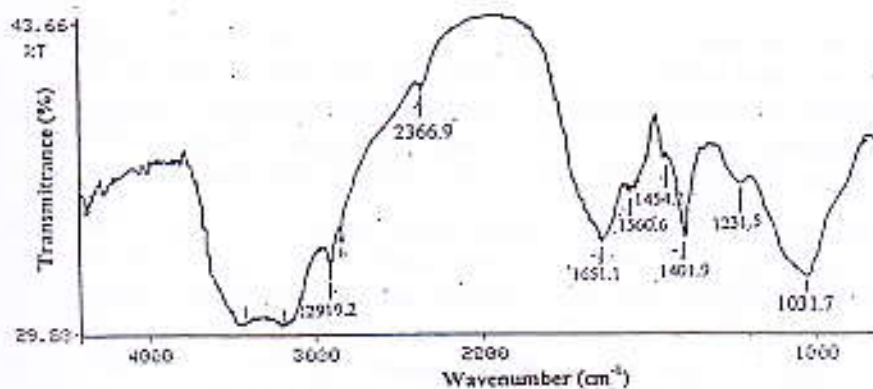
4. Karakterisasi Gugus Fungsional dan Tipe Asam Humat

Untuk identifikasi gugus fungsional yang terdapat pada masing-masing tanah yang diamati maka dilakukan analisis dengan menggunakan Spektroskopi Inframerah sehingga nantinya dapat diperoleh tipe-tipe asam humat yang mendominasi tanah-tanah yang diamati. Dari pembacaan spektra pada Spektroskopi inframerah didapatkan gugus fungsional masing-masing tanah diamati seperti yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Gugus Fungsional dari Masing-Masing Asam Humat pada Horizon Permukaan Tanah Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang

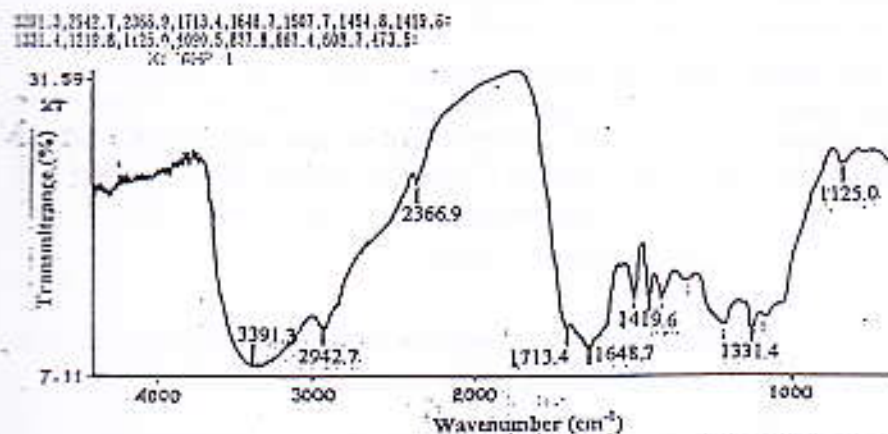
Kode Sampel	Gugus Fungsional	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Marapi	Alifatik C-H	2919.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1651.1
	C=O	1560.6
	Deformasi CH dari CH ₂ dan CH ₃	1454.2
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1401.9
	C-O dari Deformasi OH pada COOH	1231.5
Sago	H pada OH	3201.3
	Alifatik C-H	2919.2
	C=O dari COOH dan Keton	1719.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1637.0
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1401.9
	C-O dari deformasi OH pada COOH	1260.9
Singgalang	Alifatik C-H	2919.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1637.0
	C=O	1542.9
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1231.5
Bukit Gompong (Talang)	Alifatik C-H	2919.2
	C=O dari COOH dan Keton	1719.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1654.6
	C=O	1560.6
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1401.9
Bitungan Guguk (Talang)	H pada OH	3201.3
	Alifatik C-H	2919.2
	C=O dari COOH dan Keton	1719.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1637.0
	C=O	1542.9
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1401.9
	C-O dan Deformasi OH pada COOH	1237.4
Pasar Usang (Talang)	H pada OH	3213.0
	Alifatik C-H	2919.2
	C=O dari COOH dan Keton	1719.2
	Aromatik C=C dan H pada C-O	1637.0
	Deformasi OH pada peregangannya C-O	1401.9
	C-O dan Deformasi OH pada COOH	1237.4

Dari Tabel 5 terlihat bahwa asam humat dari masing-masing tanah yang diamati didominasi oleh gugus fungsional asam humat : (1) H pada OH, (2) alifatik C-H, (3) C=O dari COOH dan Keton, (4) aromatik C=C dan H pada C=O, (5) C=O, (6) deformasi OH pada peregangannya C-O dan (7) C-O dan deformasi OH pada COOH. Untuk lebih jelasnya sidik jari dari gugus fungsional asam humat yang terdapat pada tanah vulkanis yang sudah diamati dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum Inframerah Asam Humat Tanah Vulkanis Gunung Marapi

Dari Gambar 5 terlihat bahwa spektrum yang dihasilkan terlihat kurang bagus, ini diakibatkan karena sampel asam humat yang digunakan kurang pure (bersih) dan belum melalui proses purifikasi yang lengkap. Untuk lebih jelasnya sebagai pembandingan untuk spektrum asam humat yang ditampilkan diatas dapat dilihat spektrum asam humat yang telah melalui proses purifikasi yang lengkap seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektrum Asam Humat Tanaman Padi yang Telah Melalui Proses Purifikasi (Agustian, 2003 Komunikasi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 6 maka dapat dilakukan perbandingan antara spektrum Inframerah tanah yang diamati dengan spektrum Inframerah tanah yang asam humatnya telah mengalami purifikasi lengkap (dimurnikan). Dimana terdapat perbedaan ketajaman puncak spektrum pada region antara spektra 3000 – 3500 cm^{-1} . Pada spektrum asam humat tanah yang diamati memiliki puncak yang kurang tajam dan jelas sedangkan pada spektrum asam humat yang telah dimurnikan terlihat puncak spektrum yang tajam dan jelas.

Secara umum berdasarkan gugus fungsional yang diperoleh maka tanah Gunung Marapi, Gunung Sago dan Gunung Singgalang berdasarkan Kumada (1987) termasuk kedalam asam humat tipe B. Dimana spektra inframerah pada 2940 cm^{-1} sangat kuat dan tajam sementara pada 3050 cm^{-1} dan 2630 cm^{-1} lemah, spektra pada 1690 cm^{-1} lemah tetapi kuat pada 1615 cm^{-1} dan 1515 cm^{-1} , terdapat lekukan (struktur) pada 1640 cm^{-1} , spektra yang cukup tajam pada 1450, 1480, 1380, 1330 cm^{-1} dan kuat pada 1280 sampai 1205 cm^{-1} .

Untuk ketiga horizon permukaan profil tanah Gunung Talang didominasi oleh asam humat tipe A yaitu dengan spektra pada 3075 dan 2940 cm^{-1} terlihat kuat. Terjadinya spektra pada bagian ini akibat peregangan gugus alifatik C-H, spektra 2630 cm^{-1} akibat peregangan gugus OH dan COOH, spektra yang tajam pada 1710 dan 1615 cm^{-1} akibat C=O dan C=C serta spektra yang lemah pada 1470 sampai 1370 cm^{-1} dan kuat pada 1280 sampai 1200 cm^{-1} .

Untuk spektra 3400 cm^{-1} dapat terlihat gugus H dan OH yang mengidentifikasi adanya gugus OH fenolik dan alkohol. Pada spektra 2920 dan 2860 cm^{-1} dapat diidentifikasi terjadinya peregangan vibrasi asimetrik dan simetrik C, terutama alifatik C-H pada unit metil. Hal ini merupakan proses metilisasi dari asam humat (Theng *et al.*, 1966). Pada spektra 1720 cm^{-1} terutama didominasi oleh peregangan vibrasi C=O yang termasuk kedalam grup karboksil. Theng *et al.* (1966) menyatakan bahwa spektra 1720 cm^{-1} ini berhubungan dengan kapasitas pertukaran ion-ion tanah. Selanjutnya spektra 1600–1650 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C pada benzen yaitu derivat dari benzen yang merupakan bentuk simetri dari molekul asam humat. Pada spektra ini terlihat spektra yang sangat tajam.

Kemudian spektra 1510 cm^{-1} merupakan peregangan vibrasi dari gugus aromatik C=C, dan hal ini dapat ditemukan juga pada asam fulvat pada pH 2.0 dalam keadaan lembab (sedikit mengandung air). Pada spektra $1380 - 1440\text{ cm}^{-1}$ akan ditemui gugus alifatik C-H dalam bentuk yang sederhana. Selanjutnya untuk spektra 1400 cm^{-1} ditemukan gugus O-H yang terdapat pada alkohol atau asam karboksilat dalam bentuk yang sederhana. Yang terakhir untuk spektra 1220 cm^{-1} akan ditemukan peregangan C-O dan deformasi OH, termasuk kedalam grup karboksil yang ditemui dalam bentuk asam karboksilat sederhana.

Menurut Tan (1998a) spektra serapan dari asam humat pada kisaran kasat mata mempunyai bentuk lurus, inklinasi atau sudut dari kurva tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk $\Delta \log K$ yang telah banyak digunakan di Jepang untuk penciri dan pembeda beberapa tipe asam humat (Kumada 1965; 1987; Kumada dan Miyara, 1973; Yoshida *et al.*, 1978 *cit* Tan, 1998a). Rumus $\Delta \log K$ secara lengkap yaitu :

$$\Delta \log K = \log K_{400} - K_{600}$$

Dimana : K_{400} = absorban pada panjang gelombang 400
 K_{600} = absorban pada panjang gelombang 600

Berdasarkan $\Delta \log K$ ($\log K_{400} - K_{600}$) maka ditemukan beberapa tipe asam humat. Untuk lebih jelasnya dapat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. $\Delta \log K$ dari Asam Humat Tanah Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Singgalang dan Gunung Talang

Kode Sampel	$\Delta \log K$
MRP	1.053
SGO	1.090
SGL	0.794
BGP	1.081
BTG	0.911
PSU	0.972

Ket : MRP = Gunung Marapi BGP = Bukit Gempong (Gunung Talang)
 SGO = Gunung Sago BTG = Bitungan Guguk (Gunung Talang)
 SGL = Gunung Singgalang PSU = Pasar Usang (Gunung Talang)

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa $\Delta \log K$ yang diperoleh berada antara 0.794 – 1.090, dimana didapatkan tipe asam humat menurut $\Delta \log K$ adalah asam humat tipe B untuk tanah vulkanis Gunung Singgalang dan tipe R_p untuk tanah vulkanis Gunung Marapi, Gunung Sago, Gunung Talang. Asam humat tipe B ini merupakan asam-asam humat yang banyak ditemukan pada tanah hutan coklat, tanah merah kuning dan tanah sawah, sedangkan untuk asam humat tipe R_p yaitu asam-asam humat yang berasal dari gambut, dekomposisi rumput-rumputan dan sisa-sisa makhluk hidup lainnya. Hal ini ditunjang oleh data yang diperoleh di lapangan (deskripsi profil pada Lampiran 3). Dimana pada deskripsi profil dapat diketahui bahwa vegetasi yang mendominasi horizon permukaan tanah yang diamati yaitu rumput-rumputan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. 1988. Effect of clay mineral and clay humic acid complexes on availability and fixation of phosphate. Phd Disertation. College of Agriculture University of Georgia. Athens.
- Ahmad, F., I.N, Dr. R. Imbang, E. Farda, D. Fiantis. 1994. Peranan mineral liat non – kristalin dalam pembentukan tanah berbahan induk abu vulkanis pada toposequent G.

- Marapi dan G. Talamau di Sumatera Barat. Lembaga Penelitian Universitas Andalas, Padang.
- Allen, B.L. and B.F. Hajek. 1989. Mineral Occurrence in Soil Environment. In: J.B. Dixon and S.B. Weed. Minerals in Soil Environments. SSSA. Madison.
- Blakemore, L.C., P.L. Scarle, and B.K. Daly. 1987. Soil Bureu Laboratory Methods For Chemical Analyses of Soil. New Zealand Soil Bureau. New Zealand.
- Bohn, H.L., B.L. Mc Neal, and G.A. O'connor. 1985. Soil Chemistry. John Willey and Sons. New York.
- Brady, N.C. 1999. The Nature and Properties of Soils. Mc Millan Publishing Co. Inc. New York.
- Dahlgren, R. A. 1994. Quantification of Allophane and Imogolite. Dalam J. E. Amonette and L. W. Zelazny. Quantitative Methods in Soil Mineralogy. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Darmawijaya, Isa. 1990. Klasifikasi Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- De Paepe, P. 1993. Principles of Petrology. An Introduction to the Study of Rocks. Internasional Training Centre For Post-Graduate Soil Scientist. State University Gent. Belgium.
- Fiantis, D. 1995. Properties of volcanic ash soils from the Marapi and Talamau volcanoes in West Sumatera (Indonesia). M. Sc. Thesis. Univ. Of Gent.
- Fiantis, D. 2000. Colloid-surface characteristics and amelioration problems some volcanic soil in West Sumatera, Indonesia. Ph. D. Thesis. University Putra Malaysia, Serdang Selangor, Malaysia.
- Gillman, G. P. and E.A. Sumpter. 1986. Modification of Compulsive Exchange Method for Measuring Exchange Characteristics of Soils. Aust. J. Soil Res.
- Hardjosoestastro, R., Suyanto, H. and A.M. Satari. 1983. Andosol from Sukamantri area of Bogor district. Pemberitaan penelitian tanah dan pupuk.
- Honna, T., S. Yamamoto, K. Matsui. 1988. A Simple Procedure to Determine Melanic Index. ICOMAND Circular Letter No.10.
- Jackson, 1965. Free Oxides, Hydroxides and Amorphous Aluminosilicates. In Black (Ed.) Methods Of Soil Analysis Part I. Physical and Mineralogical Properties. Amer. Soc. Of Agronomy, Madison.
- Leamy, M. L., G.D. Smith, F. Colmet-Daage and M. Ottawa. 1980. Themorphological characteristics of Andisol. In B. K. G. Theng. Soils with Variable Charge. New Zealand Society of Soil Science. Lower Hutt, New Zealand.
- Lestari, S. 2001. Toposequent dan klasifikasi tanah pada lereng utara Gunung Talang. Skripsi Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Mizota, C. and L. P Van Reeuwijk. 1989. Clay mineralogy and chemistry of soil in volcanic material in diverse climatic regions. Soil Sci.Soc.Am. J.
- Mohr. E.C.J., Van Baren, F.A. and J. Schuylenborgh. 1972. Tropical soils. A Comprehensive Study Their Genesis. Ichtiar Baru. Jakarta.
- Mulyanto, B. 1990. Some genetic characteristics of soil on volcanic ash from West Java Indonesia. MSc. Thesis. Gent University. Belgium.

- Nanzyo, M., R. Dahlgren, and S. Shoji. 1993. Chemical Characteristic of Volcanic Ash Soils in : S. Shoji, M. Nanzyo and R. Dahlgren. Volcanic Ash Soil – Genesis, Properties, and Utilization. Development in Soil Science 21, Elsevier, Amsterdam.
- Orlov, D. S. 1985. Humus Acid of Soils. Oxonian Press. New Delhi.
- Parfitt, R.L., And T. Henmi. 1982. Comparison Of An Oxalate-Extraction Method And An Infrared Spectroscopic Method For Determining Allophane In Soil Clays. Soil Sci. Plant Nutrt.
- Parfitt, R.L., And A. D. Wilson. 1985. Estimation Of Allophane And Hollysite In Three Sequences Of Volcanic Ash Soil New Zealand. In E. Fernandez Caldas And D.H. Yaolan (Editors). Volcanic Soil. Catena Suppl.
- Purwanto, B.H. 1992. Humus and Al-Fe Humus Complexes in Andisols, Along Toposequence in Northern Slope of Mt. Slamet. Fac. Agric., Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1990. Peta Satuan Lahan dan Tanah No : 0813, 0814, 0815, 0816, 0715, 0716. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian. Bogor.
- Santoso, B. 1993. Study on Physico-Chemical Aspects of Andisols at Topo-Climosequence of the West Mt. Kawi. Agrivita.
- Schnitzer, M., and H. Kodama. 1977. Relation of Mineral with Soil Humic Substance. R.C. Dinaeur Manag, ed Soil Sci. Soc. Am. Madison Wisconsin.
- Shoji, S. M. Nanzyo and R.A. Dahlgren. 1993. Volcanic Ash Soil. Genesis, Properties, And Utilization. Elsevier. Amsterdam.
- Sibanda, H.M. and S.D. Young. 1986. Competitive Adsorption of Humic Acids and Phosphate on Goethite, Gibbsite and Two Tropical Soils. J. Soil Sci.
- Singer, M.J., and N.M. Munns. 1987. Soil and Introduction. Second Edition. Mc. Millan Publishing Company. New York.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd ed. USDA, NRCS Washington.
- Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reaction, Departement of Agronomi University of Illinois. John Wiley and Sons. New York.
- Stevenson, F.J. 1994. Spectroscopic Approaches. I : Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reaction, 2nd ed. Wiley. New York.
- Subagyo, H., Prasetyo, B.H. dan N. Suharta. 1984. Characterization of Latosol on andesited volcanic material at Mt. Burangrang and around Purwakarta, West Java. Pemberitaan penelitian tanah dan pupuk.
- Susila, P. 1997. Kandungan asam humat selama pengomposan jerami padi (*Oryza sativa* L.) dan alang – alang (*Imperata cylindrica* L. Beauv) dengan menggunakan effective microorganisms 4 (EM₄). Skripsi Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Sutanto, R. 1988. Mineralogy, charge properties and clasification of soil on volcanic material and limestone in Central Java, Indonesia. Ph.D. Thesis. University of Gent. Belgium.
- Tan, K.H. 1984. Andosols. Van Nastrand Reinhold Company. New York.

- Tan, K.H. 1992. Principle of Soil Chemistry (2nd ed). Marcell Dekker. New York.
- Tan, K.H. 1995. Soil Sampling, Preparation, and Analysis. Marcell Dekker. New York.
- Tan, K.H. 1998a. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tan, K.H. 1998b. Andosol (Kapital Selekt) With Extended English Summary. Program Studi Ilmu Tanah. Program Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Utami, S.R. 1998. Properties and rational management aspects of volcanic ash soil from Java, Indonesia. Ph.D. Thesis, University of Gent, Belgium.
- Uehara, G., and G. Gillman. 1981. The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays. Westview Tropical Agriculture Series No.4. Westview Press, Inc. Colorado.
- Van Breemen, N., and P. Buurman. 1998. Soil Formation. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Van Rants, E. 1991. Soil of The Tropics and Subtropics; Geography, Classification, Properties and Management. Lecture Notes. University of Gent. Belgium.
- Van Rants, E. 1995a. Rational Soil Management in The Humid Tropics. Bull. Seanc. Acad. R. Sci. Outre-Mer.
- Van Rants, E. 1995b. Clay Mineralogy, Crystal Structure, Identification, Analysis and Chemistry of Clay Mineral and Clay. Lecture notes. International Training Centre for Post- Graduate Soil Scientists State University Gent. Gent- Belgium.
- Wada, K. 1989. Allophane and Imogolite. In: JB. Dixon and S.B. Weed. Minerals in Soil Enviroments. SSSA. Madison.
- Yasin, S. 1991. Pengaruh asam-asam organik terhadap jerapan P pada tanah kaya Al. Thesis. Pendidikan Pascasarjana KPK IPB-UNAND. UNAND. Padang.