

KARAKTERISASI ASAM HUMAT DARI GAMBUT INDRALAYA, OGAN ILIR SUMATERA SELATAN

Risfidian Mohadi¹, Nurlisa Hidayati¹, Sri Juara Santosa², Narsito²

Abstrak : Telah dilakukan isolasi asam humat dari tanah gambut berasal dari Indralaya Ogan Ilir, Sumatera Selatan dengan menggunakan ekstraksi alkali sesuai dengan yang direkomendasikan oleh IHSS (International Humic acid Substances Society) dengan sedikit modifikasi, analisis asam humat hasil isolasi meliputi konfirmasi spektra FTIR dan penentuan kuantitatif gugus karboksilat dan -OH fenolat asam humat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa humat hasil isolasi mempunyai kandungan gugus fungsional asam karboksilat, -OH fenolat, dan keasaman total berturut-turut sebesar 353 cmol/kg, 367 cmol/kg, dan 720 emol/kg, serta kandungan N total sebesar 1,75% dan C/N organik sebesar 6,75.

Kata kunci : gambut, asam humat

Abstract : The isolated of humic acid from peat soil of Indralaya Ogan Ilir, Sumatera Selatan used alkali extraction that recommended by IHSS (International Humic acid Substances Society) with some modification method has been conducted and the humic acid sample have been analysis included the confirmation of FTIR spectra and quantitative determination for carboxyl and phenolic -OH functional groups of humic acid adsorbent. The results showed that total acidity of the humic acid was 720 cmol/kg, and it was distributed into the acidity of -COOH 353 cmol/kg and phenolic -OH 362 cmol/kg and nitrogen contained 1.75%, and C/N organic was 6.75, respectively.

Key words : Peat, humic acid

PENDAHULUAN

Bahan organik tanah dibedakan menjadi bahan terhumifikasi dan tak terhumifikasi. Bahan-bahan tak terhumifikasi adalah senyawa-senyawa dalam tanaman dan organisme lain dengan ciri khas tertentu misalnya karbohidrat, asam amino, protein, lipid dan asam nukleat (Tan, 1995). Senyawa-senyawa organik tanah merupakan bahan terhumifikasi dapat mengalami reaksi-reaksi degradasi dan

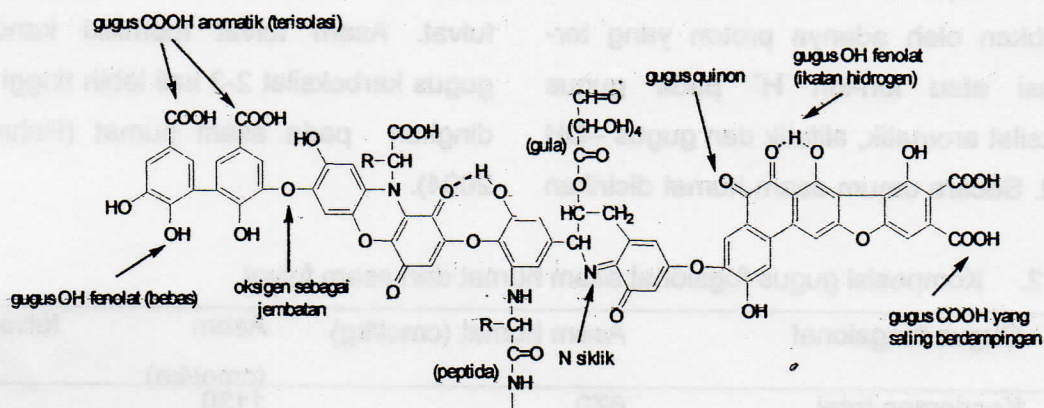
dekomposisi, kadang kala juga dapat diserap oleh komponen anorganik tanah, seperti lempung atau berada dalam kondisi anaerobik. Di dalam kondisi seperti ini senyawa-senyawa tersebut terlindungi dari dekomposisi.

Fraksi senyawa humat tanah digolongkan menjadi: (1) asam humat, fraksi yang larut dalam basa, (2) asam fulvat, fraksi yang larut dalam asam maupun dalam basa, dan (3) humin, yakni bagian yang

tidak dapat larut dan lembam (Tan, 1995). Senyawa humat merupakan hasil biodegradasi lanjut lignin karena pengaruh bakteri dalam tanah. Pada proses degradasi tersebut terjadi: (1) demetilasi gugus $-OCH_3$ membentuk gugus $-OH$ fenolat, (2) oksidasi $-CH_2OH$ pada cincin terminal lignin membentuk gugus $-COOH$, dan (3) pemecahan cincin komponen aromatik pada lignin membentuk $-CH_2OH$, $-COH$, dan $-COOH$. Proses tersebut dapat meningkatkan kandungan gugus $-COOH$ dan $-OH$

fenolat. Proses biodegradasi lignin selalu disertai dengan pelepasan CO_2 sebagai hasil akhir proses biodegradasi yang menyebabkan penurunan kandungan oksigen dan karbon pada senyawa humat (Stevenson, 1994).

Studi struktur senyawa-senyawa humat telah banyak dilakukan dan dilaporkan oleh beberapa peneliti, tetapi struktur tersebut masih merupakan struktur hipotetik, seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur hipotetik asam humat menurut Fuchs (Stevenson, 1994)

Struktur asam humat banyak mengandung gugus-gugus fenolat, karboksilat yang terikat pada cincin aromatik dan kuinon yang dijembatani oleh nitrogen dan oksigen. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa asam humat pada prinsipnya merupakan molekul yang sangat besar, terdiri atas cincin aromatik dan rantai alifatik yang mengikat gugus $-COOH$, $-OH$ fenolat, $-OH$ alkoholat dan kemungkinan kuinon (Alimin, 2000).

Asam humat memiliki kisaran kandungan unsur karbon 40-60 %, 30-50 %

oksigen, 1-4 % nitrogen, 1-2 % sulfur dan 0-0,3 % fosfor. Dibandingkan dengan asam fulvat, asam humat mengandung lebih banyak hidrogen, karbon, nitrogen dan sulfur, sedangkan kandungannya lebih sedikit (Gaffney, 1996).

Keberadaan gugus fungsional yang terdapat pada asam humat juga dapat dilihat dari elemen unsur penyusun asam humat seperti yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi unsur penyusun asam humat yang diisolasi oleh IHSS (Andelkovic, 2001)

Unsur	HA- IHSS	Angka literatur untuk HAS ^a	
		rata-rata	Range
C	44,86	55,50	37,18-64,10
H	4,82	4,80	1,64 - 8,00
N	2,66	3,60	0,50-7,00
S	0	0,80	0,1 -4,88
O	47,66	36,00	27,1 - 51,98

^asumber data = MacCarthy, 1991

Keasaman total atau kapasitas tukar senyawa-senyawa humat dalam tanah disebabkan oleh adanya proton yang terdisosiasi atau ion-ion H⁺ pada gugus karboksilat aromatik, alifatik dan gugus -OH fenolat. Secara umum asam humat dicirikan

oleh keasaman total dan kandungan gugus karboksilat lebih rendah dibandingkan asam fulvat. Asam fulvat memiliki kandungan gugus karboksilat 2-3 kali lebih tinggi dibandingkan pada asam humat (Rahmawati, 2004).

Tabel 2. Komposisi gugus fungsional asam humat dan asam fulvat.

Gugus fungsional	Asam humat (cmol/kg)	Asam fulvat (cmol/kg)
Keasaman total	670	1130
-COOH	360	820
-OH fenolat	310	310
-OH alkoholat	260	500
-C=O (kuinon dan keton)	290	270
-OCH ₃	60	80

sumber data = Schnitzer, 1994

Nilai keasaman total sangat tergantung dengan metode analisis yang digunakan dan biasanya diukur dengan metode adsorpsi Ba(OH)₂ yang menghasilkan nilai keasaman total yang lebih tinggi dibandingkan metode lain. Prinsip penetapan kandungan keasaman total asam humat dengan metode Ba(OH)₂ adalah menggunakan pendekatan titrasi potensiometri tak

langsung. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut:



dengan R adalah makromolekul dan H adalah proton pada gugus -COOH dan -OH yang bersifat asam.

Keasaman total yang ditetapkan dengan metode Barium Hidroksida dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Keasaman total (cmol/kg)} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 10^5}{\text{miligram sampel}}$$

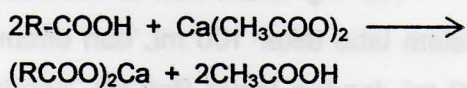
dengan :

V_b = volume larutan standar asam yang digunakan untuk titrasi sisa Ba(OH)_2 dalam larutan blanko

V_s = volume larutan standar asam yang digunakan untuk titrasi sisa Ba(OH)_2 dalam larutan sampel

N = normalitas larutan standar asam

Kandungan gugus karboksilat dalam asam humat dapat ditentukan dengan berbagai metode, namun sebagian besar peneliti menggunakan metode Esterifikasi dan Ca-asetat (Tan, 1995). Metode Ca-asetat memanfaatkan reaksi pembentukan asam asetat menurut reaksi berikut:



dimana, kadar -COOH ditentukan dengan titrasi asam asetat dengan basa standar, lalu kandungan gugus -COOH (cmol/kg) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Gugus-COOH (cmol/kg)} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 10^5}{\text{miligram sampel}}$$

dengan:

V_s = volume larutan standar basa yang

digunakan untuk larutan sampel,

V_b = volume larutan standar basa yang digunakan untuk titrasi larutan blanko,

N = normalitas larutan standar basa.

Metode Spektroskopi Infra Merah juga digunakan secara luas untuk karakterisasi senyawa humat, yang bermanfaat untuk mengidentifikasi gugus fungsional utama senyawa humat.

METODE PENELITIAN

Isolasi asam humat, asam fulvat dari gambut Indralaya. Isolasi didasarkan atas perbedaan kelarutan ketiga fraksi dalam suasana asam-basa karena asam humat merupakan fraksi yang larut dalam basa, asam fulvat merupakan fraksi yang larut dalam asam maupun basa serta humin merupakan fraksi yang tak larut dalam asam maupun basa. Prosedur ekstraksi diadopsi dari IHSS (International Humic Substance Society) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 1.500 gram tanah gambut diekstraksi dengan 15.000 mL NaOH 0,1 M (perbandingan tanah dengan pelarut 1:10) selama 24 jam pada kondisi atmosfer nitrogen. Supernatan yang terbentuk didekantir lalu diasamkan dengan HCl 6 M hingga pH 1 dan didiamkan selama 16 jam sehingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas berupa asam fulvat dan lapisan bawah berupa asam humat terpresipitasi.

Pemisahan asam fulvat dengan asam humat terpresipitasi dilakukan dengan sentrifugasi pada kecepatan 15.000 rpm selama 15 menit dan padatan yang

diperoleh berupa asam humat dan asam fulvat kotor (Crude Humic Acids)

Pemurnian asam humat dan asam fulvat.

Asam humat dan asam fulvat yang diperoleh yang masih kotor dimurnikan dengan KOH 0,1 M pada kondisi nitrogen atmosfer. Ke dalam larutan ditambah 33,3 gram garam KCl, lalu dishaker selama 30 menit. Supernatan asam humat dipisahkan dari pengotor berupa padatan selanjutnya supernatan dipresipitasi dengan HCl 6 M, hingga pH 1 dan didiamkan selama 16 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas berupa asam fulvat serta lapisan bawah berupa asam humat terpresipitasi. Asam humat dipisahkan dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan 15.000 rpm selama 10 menit. Padatan asam humat yang diperoleh dimasukkan dalam wadah plastik yang berisi larutan 0,1 M HCl/0,3 M HF dan digojok selama 20 menit kemudian didiamkan selama 24 jam pada temperatur kamar. Campuran ini kemudian disentrifugasi pada kecepatan 5.000 rpm selama 10 menit dan asam humat yang diperoleh adalah asam humat pemurnian I. Proses pemurnian tersebut dilakukan sebanyak 2 kali. Pada proses pemurnian tersebut banyak melibatkan HCl, sehingga asam humat mungkin terkontaminasi Cl⁻ dan perlu dihilangkan dengan cara pembilasan dengan akuades. Uji Cl⁻ dilakukan dengan menambahkan AgNO₃ ke dalam air bilasan asam humat. Pembilasan dihentikan bila dalam air bilasan asam humat tidak lagi terjadi endapan apabila ditambah AgNO₃.

Setelah proses pemurnian dilakukan, asam humat dikeringkan dalam oven. Untuk selanjutnya dikarakterisasi dengan spektrofotometer inframerah.

Penetapan kadar abu asam humat dan asam fulvat.

Sebanyak 25 mg asam humat dimasukkan kedalam cawan porselin dan dipanaskan dalam furnace hingga suhu 750 °C selama 4 jam. Berat sampel awal dan sesudah dipanaskan dicatat. Masing-masing sampel dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

Penetapan kadar abu asam humat asam fulvat.

Sebanyak 25 mg asam humat dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dipanaskan dalam furnace hingga suhu 750 °C selama 4 jam. Berat sampel awal dan sesudah dipanaskan dicatat. Masing-masing sampel dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

Penetapan kandungan keasaman total.

100 mg asam humat dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan 20 mL larutan jenuh Ba(OH)₂ sambil dialiri gas nitrogen. Labu takar ditutup dan digojok selama 24 jam pada temperatur kamar dengan sentrifuge. Hal serupa dilakukan pula terhadap larutan blanko yang hanya mengandung 20 mL larutan jenuh Ba(OH)₂. Suspensi yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring whatman dan residu dibilas dengan air destilat yang bebas CO₂. Filtrat dan air bilasan digabung lalu dititrasi secara potensiometri dengan larutan

standar 0,5M HCl hingga pH 8,4. Dari data titrasi tersebut dihitung keasaman total

Penetapan kandungan gugus karboksilat.

100 mg asam humat dimasukkan dalam labu takar 100 mL lalu ditambah magnesium asetat 0,5M dan 40 mL air destilat yang bebas CO₂. Perlakuan serupa disiapkan pula larutan blanko yang hanya mengandung 10 mL larutan magnesium asetat 0,5 M dan 40 mL air destilat yang bebas CO₂ kemudian digojok selama 24 jam pada temperatur kamar dengan sentrifuge. Suspensi yang terbentuk disaring dengan kertas saring whatman, residu dibilas dengan air destilat bebas CO₂. Filtrat dan air bilasan digabung lalu dititrasi secara potensiometri dengan larutan standar 0,1M NaOH hingga pH 9,8.

Penetapan kandungan gugus -OH fenolat.

Gugus -OH fenolat merupakan selisih dari keasaman total dengan kandungan gugus -COOH sehingga kandungan gugus -OH fenolat dapat ditentukan.

Penetapan kandungan gugus fungsional asam humat dan asam fulvat

Kandungan gugus fungsional asam humat ditentukan secara kuantitatif dalam penelitian ini adalah gugus karboksilat (-COOH), -OH fenolat. Dalam pelaksanaannya gugus -OH fenolat ditentukan sebagai selisih antara keasaman total dan kandungan gugus -COOH. Serta ditentukan juga kadar N dengan metode Kjeldahl dan kadar C serta kadar organik senyawa humat hasil isolasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Senyawa humat dengan spektroskopi FTIR

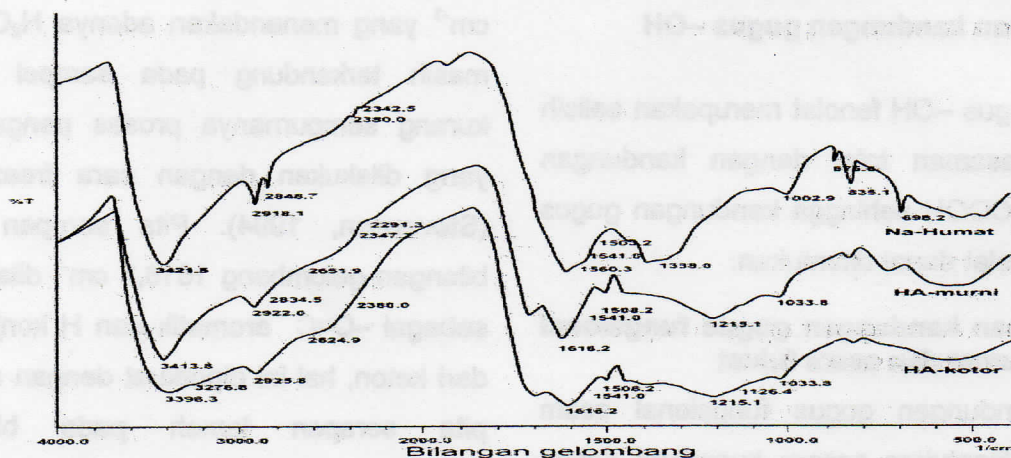
Berdasarkan spektra FTIR pada gambar 2, terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 3398,3 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur -OH, kemudian serapan pada bilangan gelombang 2925,8 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur C-H alifatik. Sedangkan pita serapan sekitar bilangan gelombang 1720 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi ulur C=O dari gugus -COOH pada spektra FTIR asam humat sebelum dan setelah pemurnian hanya berupa kontur pita serapan saja, tidak munculnya bilangan gelombang disebabkan gangguan oleh uap lembab (moisture). Dugaan adanya gangguan diperkuat dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 3276,8 cm⁻¹ yang menandakan adanya H₂O yang masih terkandung pada sampel akibat kurang sempurnanya proses pengeringan yang dilakukan dengan cara freeze dry (Stevenson, 1994). Pita serapan pada bilangan gelombang 1616,2 cm⁻¹ ditafsirkan sebagai -C=C aromatik dan H konjugasi dari keton, hal ini diperkuat dengan adanya pita serapan lemah pada bilangan gelombang 1508,2 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya -C=C aromatik. Munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 1541,0 cm⁻¹ diduga merupakan vibrasi ulur simetri -COO⁻ atau dari perubahan bentuk N-H dan vibrasi ulur -C=N dari amida ikatan rangkap dua. Vibrasi tekuk -OH dari -COOH dan vibrasi ulur C-O dari -COOH teridentifikasi dengan munculnya serapan pada bilangan

gelombang $1215,1 \text{ cm}^{-1}$. Vibrasi ulur -OH dari -COOH diperkuat dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang $2624,9 \text{ cm}^{-1}$.

Spektra FTIR asam humat tanpa pemurnian dan asam humat setelah pemurnian sesuai dengan data spektroskopi inframerah asam humat yang dikemukakan oleh Stevenson (1994), yaitu adanya pita serapan utama asam humat yang muncul pada bilangan gelombang 3300 cm^{-1} untuk vibrasi ulur -OH , pita serapan pada bilangan gelombang 2900 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H alifatik. Adanya gugus -COOH ditandai dengan munculnya serapan untuk vibrasi ulur C=O dari -COOH pada bilangan gelombang 1700 cm^{-1} . Bilangan gelombang 1610 cm^{-1} menunjuk-

kan -C=C aromatik dan H terkonjugasi dari keton. Selain itu -C=C aromatik ditandai pula dengan munculnya pita serapan lemah pada bilangan gelombang sekitar 1500 cm^{-1} .

Berdasarkan interpretasi spektra FTIR asam humat di atas dapat disimpulkan bahwa asam humat hasil isolasi dari tanah gambut yang berasal dari Indralaya, Ogan Ilir, Propinsi Sumatera Selatan yang digunakan pada penelitian ini mengandung gugus fungsional -COOH dan -OH . Adanya gugus-gugus fungsional tersebut ditandai dengan puncak serapan yang sangat karakteristik bagi asam karboksilat berupa vibrasi ulur -OH dari -COOH pada bilangan gelombang $3398,3 \text{ cm}^{-1}$ pada asam humat tanpa pemurnian dan $3413,8 \text{ cm}^{-1}$ pada asam humat setelah pemurnian.



Gambar 2. Spektra FTIR (a) asam humat kotor, (b) Na-humat, (c) asam humat murni

Penanda gugus -OH ditunjukkan dengan munculnya vibrasi tekuk -OH dari -COOH dan vibrasi ulur -C-O dari -COOH teridentifikasi dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang $1215,1 \text{ cm}^{-1}$. Vibrasi ulur -OH dari -COOH diperkuat

dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang $2624,9 \text{ cm}^{-1}$.

Pada spektra FTIR asam humat tanpa pemurnian terlihat adanya pita serapan pada bilangan gelombang $1126,4 \text{ cm}^{-1}$ yang tidak muncul pada spektra FTIR asam humat setelah pemurnian, karena bilangan

gelombang $1126,4 \text{ cm}^{-1}$ berasal dari serapan Si-O dari pengotor silika atau bahan-bahan anorganik lain yang memberikan serapan pada daerah tersebut. Spektra FTIR Na-asam humat juga memunculkan pita serapan pada bilangan gelombang $1338,5 \text{ cm}^{-1}$ tidak munculnya pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1700 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur C=O dari COOH diduga karena gugus COOH dari asam humat telah digunakan untuk mengikat ion Na^+ . Dengan demikian dapat dikatakan proses pemurnian asam humat dengan menggunakan campuran larutan HCl dan HF yang diyakini mampu membebaskan asam humat dari pengotor bahan-bahan anorganik (Stevenson, 1994).

Tabel 3. Kadar abu asam humat hasil isolasi

Tahap pemurnian	Kadar abu %
Asam humat tanpa pemurnian	34,56
Asam humat 1x pemurnian	21,16
Asam humat 2x dimurnikan	17,17

Data pada Tabel 3, menunjukkan bahwa asam humat tanpa pemurnian memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam humat setelah pemurnian. Hal ini dikarenakan asam humat di alam secara alamiah berinteraksi dengan bahan-bahan anorganik seperti mineral dan lempung membentuk suatu kompleks lempung-logam-humat (Stevenson, 1994)

dimana pada proses pemurnian kompleks tersebut dihilangkan atau setidaknya dikurangi kadarnya. Berkurangnya kadar abu pada asam humat setelah dilakukan pemurnian adalah bukti nyata bahwa asam humat setelah dimurnikan mengandung lebih sedikit bahan pengotor.

Kandungan gugus fungsional senyawa humat (SH)

Kandungan gugus fungsional asam humat hasil isolasi dari tanah gambut yang berasal dari Indralaya, Ogan Ilir, propinsi Sumatera Selatan disajikan pada Tabel 4. terlihat bahwa dominasi kandungan gugus COOH dan OH asam humat hasil isolasi menghasilkan keasaman total lebih tinggi dibandingkan dengan asam humat tanah gambut dari Barengbeng, Kalimantan Tengah, Alimin (2000) tetapi pada kisaran yang sama dengan hasil penelitian Schnitzer (1994), untuk asam humat tanah gambut yang berasal dari daerah tropis. Sedangkan kandungan gugus karboksilatnya ternyata lebih kecil. Sementara kandungan gugus OH fenolat asam humat dari Indralaya ternyata lebih tinggi, walaupun berasal sama-sama dari daerah tropis. Kenyataan ini membuktikan bahwa kandungan gugus fungsional asam humat pada setiap daerah dapat berbeda-beda, tergantung pada banyak faktor. Diantara faktor tersebut adalah jenis tanaman atau tumbuhan sebagai bahan dasar pembentuk tanah gambut, temperatur, waktu serta proses penguraiannya.

Tabel 4. Kandungan gugus fungsional asam humat dari tanah gambut yang berasal dan Indralaya, Ogan Ilir, propinsi Sumatera Selatan

Gugus Fungsional	Kadar di dalam asam humat (cmol/kg)		
	Penelitian ini	Alimin ^a	Schnit
Keasaman total	720	712	620-
Gugus karboksilat	353	424	38045
-OH fenolat	367	288	t.d

^a (Alimin, 2000)^b kandungan untuk daerah tropis (Stevenson, 1994) t.d = tidak ditentukan

Berdasarkan Teori Lignin yang dikemukakan oleh Waksman, pembentukan gugus -COOH yang terdapat pada asam humat merupakan hasil oksidasi rantai samping terminal lignin seperti -CH₂OH. Selain itu, gugus -COOH dapat juga berasal dari pemecahan cincin aromatik pada lignin (Stevenson, 1994). Kandungan nitrogen total sebesar 1,75 % serta rasio karbon dan nitrogen organik sampel dari asam humat hasil isolasi sebesar 6,75 ini menerangkan bahwa asam humat hasil isolasi dari tanah gambut Indralaya, Ogan Ilir banyak mengandung residu dari amina maupun nitrogen yang berasal dari ikatan peptida, selain dari pada itu dimungkinkan juga berasal dari sumbangan nitrogen heterosiklik seperti senyawa pirol yang merupakan residu dari kloropil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pemba-hasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Kandungan gugus fungsional asam humat pada setiap daerah dapat berbeda - beda, tergantung pada banyak factor, yaitu:

tumbuhan sebagai bahan dasar pembentuk tanah gambut, temperatur, waktu serta proses peng-uraiannya.

Senyawa humat hasil isolasi dan pemurnian dari tanah gambut yang berasal dari Indralaya, Ogan Ilir Sum-Sel mempunyai kandungan gugus fungsional asam karboksilat, -OH fenolat, dan keasaman total berturut-turut sebesar 353 cmol/kg, 367 cmol/kg, dan 720 emol/kg, serta kandungan N total sebesar 1,75% dan C/N organik sebesar 6,75.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimin, 2000, *Fraksinasi Asam Humat dan Pengaruhnya pada Kelarutan Ion Logam Sang (II), Kadmium (II), Magnesium (II), dan Kalsium (II)*, Tesis Kimia, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Madah, Yogyakarta.
- Andelkovic, T., Andelkovic, D., Perovic, J., Purenovic, M., and Polic, P., 2001, *Decrease of Oxygen Interference on Humic Acid Structure Alternation During Isolation*, Physics, Chemistry and Technology, Facta Universitatis, Vol.2, No.3, 163-171.
- Gaffney, J.S., Marley, N.A., Clarck, S.B., 1996, *Humic and Fulvic Acids: Isolation, Structure and Environmental Role*, Journal of American Chemical Society,

Washington, DC. Huheey, J.E., Keiter, E.A., and Keiter, R.L, 1993, *Inorganic Chemistry*, Edisi ke-4, Harper Collins Collage Publisher, California.

Rahmawati, Atik., 2004, *Studi Adsorpsi Kadmium(II) dan Timbal(II) pada Asam Humat*, Tesis Kimia, Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Stevenson, F.J., 1994, *Humus Chemistry*, John Wiley and Sons, New York.

Schnitzer. M., Kodoma. H., Schulten. H.R., 1994, *Mineral Effect on the Pyrolysis-field Ionization Mass Spectrometry Fulvic Acid*, Soil Science Society of American, 58, 1100-1107.

Tan., 1995, *Dasar-dasar Kimia Tanah*, Universitas gadjah Mada, Yogyakarta.