

PENGEKSTRAKAN DAN PENCIRIAN SEBATIAN HUMIK DALAM TANAH

TAN TEIK LENG

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL, 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pengerstaran dan pencirian Sebatian Humik
Dalam Tanah

Ijazah: Ijazah Sarjana Muda Sains (Keperluan)

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya TAN TEIK LENG
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh

[Signature]
 (TANDATANGAN PENULIS)

[Signature]
 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: Kg. PDG.
PETANI, JERAWI 02600

Prof. Mady Dr. Marcus Jopony
 Nama Penyalia

ARAU PERUS

Tarikh: 18/04/07

Tarikh: 18/04/07

PERHATIAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang
setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.



APRIL, 2007

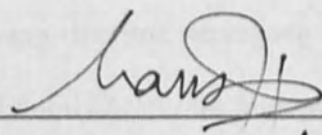
TAN TEIK LENG

HS2004 – 2425

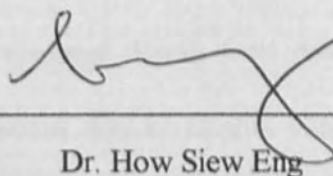
**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH****UMS**
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

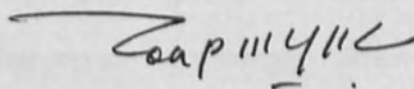
NAMA: TAN TEIK LENG

TAJUK: PENGEKSTRAKAN DAN PENCIRIAN SEBATIAN HUMIK DALAM
TANAH

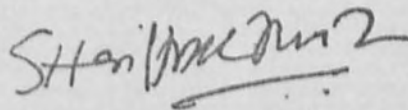
Prof. Madya Dr. Marcus Jopony

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Dr. How Siew Eng



En. Moh Pak Yan



DEKAN

APRIL, 2007



PENGHARGAAN

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan ribuan kepada Prof. Madya Dr. Marcus Jopony selaku penyelia yang telah banyak memberikan tunjuk ajar dan bantuan kepada saya dalam proses menyiapkan tesis ini. Bimbingan dan nasihat beliau amatlah dihargai. Terima kasih juga diucapkan kepada pensyarah-pensyarah dari sekolah Sains dan Teknologi atas bimbingan, tunjuk ajar dan nasihat yang diterima sepanjang masa, terutamanya Dr. How Siew Eng, Dr. Lutfor Rahman, Dr. Loumi @Noumie Surugau, Dr. Suhaimi Md. Yasir, Encik Collin Glen Joseph, Encik Jahimin Asik dan Encik Moh Pak Yan.

Terima kasih juga diberikan kepada pembantu makmal, Encik Sani dan Encik Samudi dan kakitangan makmal yang lain di atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.

Akhir sekali saya mengucapkan terima kasih kepada keluarga tersayang saya yang memberi sokongan moral dan juga kepada rakan-rakan seperjuangan dalam program Kimia Industri yang telah memberikan semangat dan kerjasama sepanjang tiga tahun ini.

ABSTRAK

Sebatian humik iaitu asid humik (AH) dan asid fulvik (AF) diekstrak daripada sampel tanah gambut, tanah hutan paya bakau dan tanah hutan sekunder dan dianalisis untuk pencirian sifat asid dan spektroskopi. AH dan AF yang diekstrak adalah masing-masing dalam julat 7.0-17.4% dan 3.2-4.9%, bergantung kepada jenis tanah. Lengkok titratan potentiometrik dan titratan kekonduksian menunjukkan kedua-dua AH dan AF bersifat asid lemah. Keasidan jumlah AH dan AF adalah masing-masing dalam julat 2.6-8.6 mtara.g^{-1} dan 2.8-7.6 mtara.g^{-1} . Nisbah E_4/E_6 bagi AH dan AF adalah masing-masing dalam julat 2.3 – 3.7 dan 2.8 – 6.7 dan secara perbandingan, nisbah E_4/E_6 bagi AF adalah lebih tinggi berbanding dengan AH. Spektrum FTIR menunjukkan kehadiran kumpulan berfungsi fenolik (-OH) dan karboksil (-COOH) dalam struktur molekul AH dan AF.

Extraction and Characterization of Humic Substances in Soil

ABSTRACT

Humic substances, namely humic acid (HA) and fulvic acid (FA), were extracted from peat, mangrove and secondary forest soil samples and analyzed for its acid and spectroscopic characteristics. The HA and FA extracted was in range 7.0-17.4% and 3.2-4.9% respectively, depending on the type of soil. Potentiometric and conductometric titration curves indicated both HA and FA is weak acids. The total acidity was in the range 2.6-8.6 mEq.g⁻¹ and 2.8-7.6 mEq.g⁻¹ for HA and FA, respectively. The E₄/E₆ ratio for HA and FA was in the range 2.3 – 3.7 and 3.2 – 6.7, respectively with the values for FA relatively higher than HA. The FTIR spectra indicated the presence of carboxyl (-COOH) and phenolic (-OH) functional groups in the molecular structure of HA and FA.

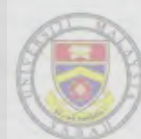


KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJA	xii
SENARAI SIMBOL	xv
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Sebatian Humik	1
1.2 Objektif kajian	2
BAB 2 ULASAN LITIRATUR	
2.1 Bahan Organik Tanah	3
2.2 Sebatian Humik	4
2.3 Genesis Sebatian Humik	5
2.4 Struktur Molekul Asid Humik dan Asid Fulvik	7



2.4.1 Struktur Molekul Asid Humik	8
2.4.2 Struktur Molekul Asid Fulvik	9
2.5 Pengekstrakan Asid humik dan Asid Fulvik	10
2.6 Ciri-ciri Asas Asid humik dan Asid Fulvik	13
2.6.1 Komposisi Unsur Asid Humik dan Asid Fulvik	13
2.6.2 Kumpulan Berfungsi	16
2.6.3 Jumlah Keasidan	18
2.6.4 Ciri Elektrokimia	19
a) Titratan Potentiometrik	19
b) Titratan Kekonduksian	20
2.7 Saiz dan Berat Molekul Asid Humik dan Asid Fulvik	22
2.8 Ciri-Ciri Spektroskopi Asid Humik dan Asid Fulvik	23
2.8.1 Spektroskopi Ultraungu – Cahaya Nampak	23
2.8.2 Spektroskopi Inframerah	26
2.8.3 Spektroskopi Resonance Magnet Nukleus (NMR)	28
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH	
3.1 Sampel Tanah	30
3.2 Penyediaan Sampel Tanah	30



3.3	Pengekstrakan Asid Humik dan Asid Fulvik	31
3.4	Penentuan Jumlah Keasidan	32
3.5	Titration Potentiometrik	33
3.6	Titration Konduktometrik	33
3.7	Analisis Spektrofotometri Ultraunggu – Cahaya Nampak	34
3.8	Analisis Spektrofotometri Inframerah	34
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		
1.1	Hasil Ekstraksi	35
1.2	Jumlah Keasidan	36
1.3	Titration Potentiometrik	37
1.4	Titration Konduktometrik	41
1.5	Analisis UV-VIS	45
1.6	Analisis spektrum Inframerah	50
BAB 5 KESIMPULAN		59
RUJUKAN		60



SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 2.1 Peratusan kandungan bahan humik dan bahan bukan humik dalam humus.	4
Jadual 2.2 Pengaruh pH terhadap pengambilan oksigen oleh bahan organik tanah melalui kaedah pengekstrakan dengan menggunakan pelbagai jenis bes selama 7 jam.	11
Jadual 2.3 Peratusan hasil asid humik dan asid fulvik yang diekstrak dengan menggunakan pelbagai jenis reagen.	12
Jadual 2.4 Perbezaan keterlarutan pecahan sebatian humik.	12
Jadual 2.5 Julat purata peratusan komposisi elemen dalam asid humik dan asid fulvik.	14
Jadual 2.6 Julat bagi komposisi elemen dalam asid humik dan asid fulvik yang diekstrak daripada tanah pelbagai jenis iklim.	15
Jadual 2.7 Nisbah atom H/C, O/C dan N/C asid humik dan asid fulvik.	16
Jadual 2.8 Kumpulan berfungsi dalam asid humik dan asid fulvik bagi pelbagai jenis sampel tanah.	17
Jadual 2.9 Perbezaan Kumpulan berfungsi dalam asid humik dan asid fulvik yang diekstrak daripada tanah pelbagai jenis iklim.	18
Jadual 2.10 Berat molekul sebatian humik yang direkodkan.	23
Jadual 2.11 Nilai nisbah E4/E6 bagi asid humik dan asid fulvik yang diekstrak daripada pelbagai jenis tanah.	25
Jadual 2.12 Penyerapan utama sebatian humik dalam kawasan inframerah.	27
Jadual 2.13 Julat anjakan kimia dan kumpulan berfungsi spectrum sebatian humik dalam ¹³ C-NMR.	29
Jadual 3.1 Jenis sampel tanah yang digunakan dalam kajian.	30
Jadual 4.1 Jisim hasil asid humik (AH) dan asid fulvik (AF) bagi sampel kajian.	35
Jadual 4.2 Jumlah Keasidan bagi sampel kajian.	36

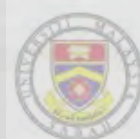


Jadual 4.3 Nisbah E_4/E_6 bagi sampel kajian.	49
Jadual 4.4 Penyerapan utama sebatian humik dalam kawasan inframerah	51
Jadual 4.5 Jalur serapan utama FTIR asid humik sampel tanah gambut	52
Jadual 4.6 Jalur serapan utama FTIR asid fulvik sampel tanah gambut	53
Jadual 4.7 Jalur serapan utama FTIR asid humik sampel tanah paya bakau	54
Jadual 4.8 Jalur serapan utama FTIR asid fulvik sampel tanah paya bakau	55
Jadual 4.9 Jalur serapan utama FTIR asid humik sampel tanah hutan sekunder	56
Jadual 4.10 Jalur serapan utama FTIR bagi asid fulvik sampel tanah hutan sekunder	57



SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 2.1 Pengkelasan dan sifat kimia sebatian humik (Stevenson 1994).	5
Rajah 2.2 Gambarajah skematik menunjukkan pembentukan sebatian humik daripada sisa tumbuhan.	7
Rajah 2.3 Struktur molekul asid humik yang dicadangkan oleh Flaig (1960).	8
Rajah 2.4 Struktur molekul asid humik yang dicadangkan oleh Stevenson (1982).	9
Rajah 2.5 Struktur asid fulvik yang dicadangkan oleh Schnitzer dan Khan (1972).	9
Rajah 2.6 Struktur asid fulvik yang dicadangkan oleh Buffle's (1977).	10
Rajah 2.7 Pengekstrakan asid humik dan asid fulvik (Stevenson, 1994).	13
Rajah 2.8 Lengkok titratan potentiometrik asid humik Stevenson (1994).	20
Rajah 2.9 Lengkok titratan konduktometrik asid humik dan asid fulvik (NAHA=humik asid akuatik Nordic, NAFA=fulvik asid akuatik Nordic, SRHA=humik asid sungai Suwannee, SRFA=fulvik asid sungai Suwannee, PHA=asid humik tanah gambut, SHA=asid humik tanah, LHA=asid humik Leonardite, PLVHA= asid humik <i>Pilayella littoralis</i> (Riggle & Wandruszka, 2002).	21
Rajah 2.10 Perbezaan spectra serapan UV-Vis antara asid humik dan asid fulvik (Domeizel et al., 2004).	25
Rajah 2.11 Spektra Spektroskopi Inframerah asid fulvik yang diekstrak daripada tanah.	27
Rajah 2.12 Spektra FTIR asid humik yang diekstrak daripada pelbagai jenis tanah.	28
Rajah 3.1 Ringkasan kaedah pengekstrakan asid humik dan asid fulvik daripada tanah.	32
Rajah 4.1 Lengkok titratan potentiometrik bagi asid humik sampel tanah gambut.	38
Rajah 4.2 Lengkok titratan potentiometrik bagi asid fulvik sampel tanah gambut.	39



Rajah 4.3 Lengkuk titratan potentiometrik bagi asid humik sampel tanah paya bakau.	39
Rajah 4.4 Lengkuk titratan potentiometrik bagi asid fulvik sampel tanah paya bakau.	40
Rajah 4.5 Lengkuk titratan potentiometrik bagi asid humik sampel tanah hutan sekunser.	40
Rajah 4.6 Lengkuk titratan potentiometrik bagi asid fulvik sampel tanah hutan sekunder.	41
Rajah 4.7 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid humik sampel tanah gambut.	42
Rajah 4.8 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid fulvik sampel tanah gambut.	43
Rajah 4.9 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid humik sampel tanah paya bakau.	43
Rajah 4.10 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid fulvik sampel tanah paya bakau.	44
Rajah 4.11 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid humik sampel tanah hutan sekunder.	44
Rajah 4.12 Lengkuk titratan konduktometrik bagi asid fulvik sampel tanah hutan sekunder.	45
Rajah 4.13 Spektrum UV-VIS bagi asid humik dalam sampel tanah gambut.	46
Rajah 4.14 Spektrum UV-VIS bagi asid fulvik dalam sampel tanah gambut.	47
Rajah 4.15 Spektrum UV-VIS bagi asid humik dalam sampel tanah paya bakau.	47
Rajah 4.16 Spektrum UV-VIS bagi asid fulvik dalam sampel tanah paya bakau.	48
Rajah 4.17 Spektrum UV-VIS bagi asid humik dalam sampel tanah hutan sekunder.	48
Rajah 4.18 Spektrum UV-VIS bagi asid fulvik dalam sampel tanah hutan sekunder.	49
Rajah 4.19 Spektrum inframerah bagi asid humik dalam sampel tanah gambut.	52
Rajah 4.20 Spektrum inframerah bagi asid fulvik dalam sampel tanah gambut.	53
Rajah 4.21 Spektrum inframerah bagi asid humik dalam sampel tanah paya bakau.	54
Rajah 4.22 Spektrum inframerah bagi asid fulvik dalam sampel tanah paya bakau.	55
Rajah 4.23 Spektrum inframerah bagi asid humik dalam sampel tanah hutan sekunder.	56



Rajah 4.24 Spektrum inframerah bagi asid fulvik dalam sampel tanah hutan sekunder. 57

A11 Asid humik

A2 Asid fulvik

A32 Residua Matriks Polimer

A72 Spektroskopi Inframerah

A8 Jajir

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

AH	Asid humik
AF	Acid fulvik
NMR	Resonance Magnet Nukleus
FTIR	Spektroskopi inframerah
Da	Dalton



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Sebatian Humik

Tanah terbentuk daripada proses luluhawa yang melibatkan proses kimia, geologi, hidrologi dan biologi. Ia terdiri daripada dua bahan yang utama iaitu bahan inorganik (mineral) dan bahan organik. Kandungan bahan inorganik dan bahan organik adalah berbeza-beza mengikut jenis tanah. Nilai kandungan bahan organik dalam tanah adalah kurang daripada 1% bagi tanah berpasir dan menghampiri 100% dalam tanah organik seperti tanah gambut (Schnitzer & Khan, 1978).

Bahan organik tanah ialah komponen tanah yang amat penting. Punca utama bahan organik tanah adalah sisa-sisa organik dari tumbuhan dan organisma. Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah atau humus terdiri daripada sebatian humik dan sebatian bukan humik. Sebatian bukan humik adalah terdiri daripada beberapa kelas bahan organik seperti karbohidrat, lemak, lilin dan protein. Bahan humik pula terdiri daripada bahan yang biogenik, refraktori, berasid, jisim molekul yang besar dan mempunyai warna coklat atau hitam. Menurut Stevenson dan Cole (1999), bahan humik terbentuk hasil daripada tindak balas sintesis sekunder biopolimer dan lignin.

Sebatian humik terdiri daripada humin, asid humik dan asid fulvik (Schnitzer & Khan, 1978). Kandungan humin, asid humik dan asid fulvik adalah berbeza-beza mengikut jenis tanah. Ini adalah kerana pembentukannya adalah bergantung kepada faktor vegetasi, suhu dan topografi (Stevenson, 1994).

Sebatian humik mempunyai peranan yang penting dalam kesuburan dan persekitaran tanah (Hofrichter dan Steinbüchel, 2001). Sebatian humik memberi pelbagai faedah dari segi fizikal, kimia, nutrient, biologi dan struktur tanah. Sebatian humik merupakan agen penggranulan tanah dan merupakan penyumbang utama kapasiti pertukaran kation, kapasiti penimbal dan pembentukan kompleks dengan ion logam surihan (Stevenson, 1994). Selain itu, kumpulan karboksil (-COOH) dan fenolik (-OH) yang hadir dalam bahan humik akan bertindak sebagai penderma proton yang penting dalam mengawal pH tanah (Hofrichter dan Steinbüchel, 2001).

1.2 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah:

- a) Untuk mengekstrak asid humik dan asid fulvik daripada tanah gambut, tanah hutan paya bakau dan tanah hutan sekunder, dan
- b) Untuk menentukan dan membandingkan ciri kimia asid humik dan asid fulvik dari tanah yang berbeza.

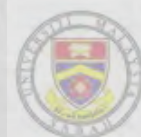
BAB 2

ULASAN LITIRATUR

2.1 Bahan Organik Tanah

Pada umumnya tanah terdiri daripada bahan inorganik dan bahan organik. Kandungan bahan organik adalah berbeza-beza mengikut jenis tanah. Jenis tumbuhan, keadaan saliran, suhu, hujan serta pengurusan tanah dari segi pertanian, semuanya mempengaruhi jenis dan jumlah bahan organik yang didapati (Hofrichter dan Steinbüchel, 2001).

Bahan organik tanah terdiri daripada sebatian humik dan sebatian bukan humik (Schnitzer & Khan 1978). Sebatian bukan humik terdiri bahan-bahan seperti lipid,, karbohidrat dan protein. Sebatian humik pula terdiri daripada tiga pecahan utama iaitu humin, asid humik dan asid fulvik (Stevenson dan Cole, 1999). Peratusan bahan humik dan bukan humik adalah berbeza-beza mengikut jenis tanah (Jadual 2.1).



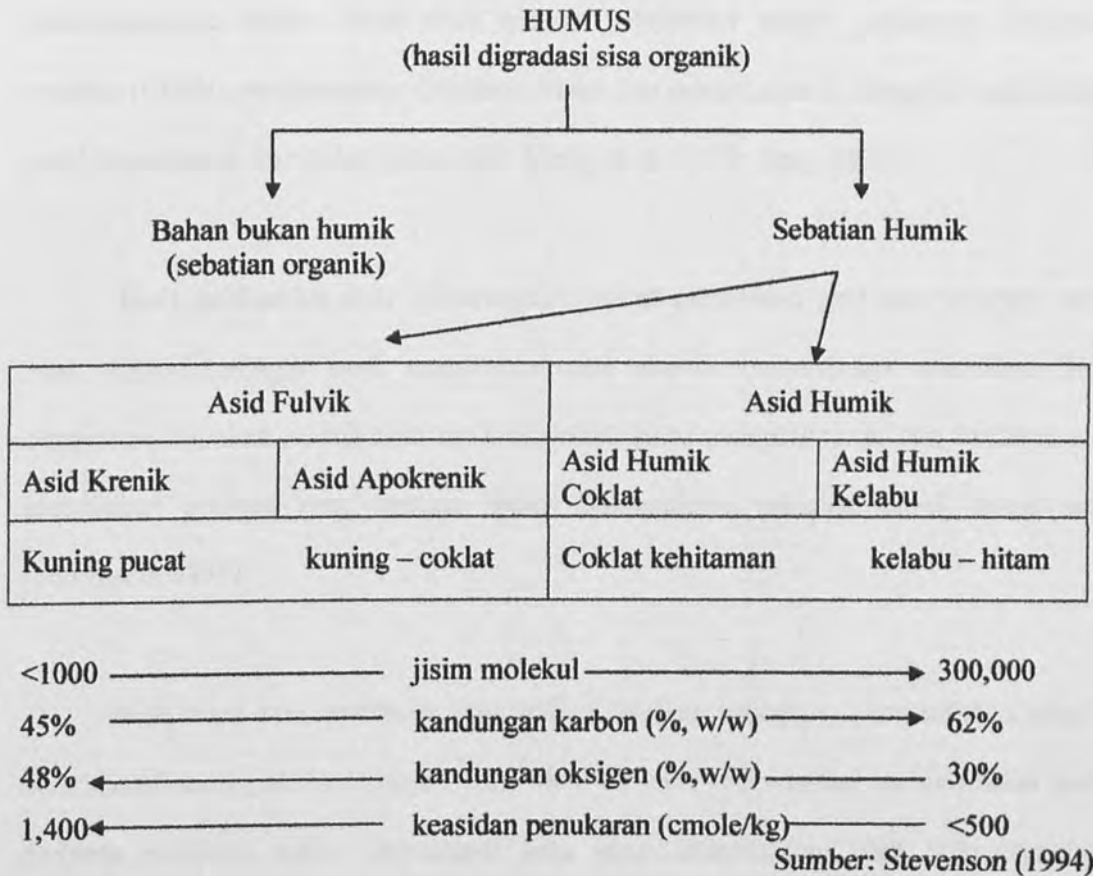
Jadual 2.1 Kandungan bahan humik dan bahan bukan humik dalam humus.

Jenis Bahan	Peratus mengikut jisim (%)
Bahan bukan humik	
- lipid	1 – 6%
- karbohidrat	5 – 25%
- protein/asid amino/peptide	9 – 16%
- lain-lain	Surihan
Bahan Humik	80%

Sumber: Stevenson & Cole (1999).

2.2 Sebatian Humik

Sebatian humik merupakan bahan biogenik, refraktori, berasid, jisim molekul yang besar, polielektrolit dan mempunyai warna coklat atau hitam. Sebatian humik sebenarnya terdiri daripada campuran heterogen molekul-molekul yang mempunyai jisim daripada ratusan hinggalah 300,000 Dalton dan secara umumnya mempunyai sifat kimia yang sama atau hampir sama (Stevenson,1994). Sebatian humik terdiri daripada pecahan humin, asid humik dan asid fulvik. Asid humik dan asid fulvik merupakan pecahan yang diberi tumpuan dalam kajian-kajian sebelum ini. Rajah 2.1 menunjukkan pengelasan dan sifat kimia sebatian humik.



Rajah 2.1 Pengelasan dan sifat kimia sebatian humik.

2.3 Genesis Sebatian Humik

Terdapat beberapa teori yang menerangkan pembentukan bahan humik dalam tanah. Antaranya ialah teori lignin-protein, teori gula-amine dan teori polifenol (Hofrichter dan Steinbüchel, 2001; Stevenson dan Cole, 1999). Setiap teori menerangkan pembentukan bahan humik daripada sisa-sisa organik tumbuhan dan organisma.

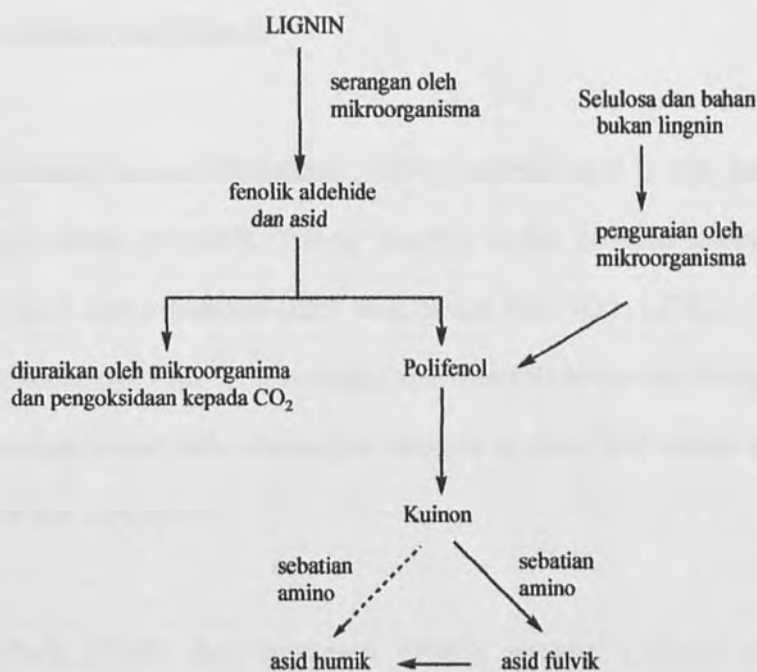
Teori klasik yang dicadangkan oleh Waksman (1932), atau lebih dikenali sebagai “teori lignin-protein” menganggap lignin daripada tumbuhan sebagai sumber utama sebatian humik dalam tanah. Menurut teori ini, lignin yang tidak diurai secara lengkap oleh

mikroorganisma dalam tanah akan melalui perubahan seperti kehilangan kumpulan metoksi (OCH_3), pembentukan O-hidroksifenol dan pengoksidaan bahagian rantai alifatik untuk membentuk kumpulan karboksilik (Flaig *et al.*, 1975; Flaig, 1988).

Teori gula-amina pula menerangkan proses penurunan gula dan sebatian amino yang terhasil sebagai hasil sampingan oleh aktiviti metabolisma mikrobial. Hasil sampingan ini akan selanjutnya melalui tindak balas pempolimeran dan hasilnya akan memainkan peranan yang penting dalam pembentukan sebatian humik dalam tanah (Stevenson, 1994).

Pada masa kini, pendapat yang paling diterima mengenai pembentukan sebatian humik ialah teori polifenol (Rajah 2.2). Menurut teori ini, sebatian humik adalah terdiri daripada polifenol lignin semulajadi atau yang disintesisikan oleh mikroorganisma (Stevenson, 1994).





Rajah 2.2 Gambarajah skematik menunjukkan pembentukan sebatian humik daripada sisa tumbuhan.

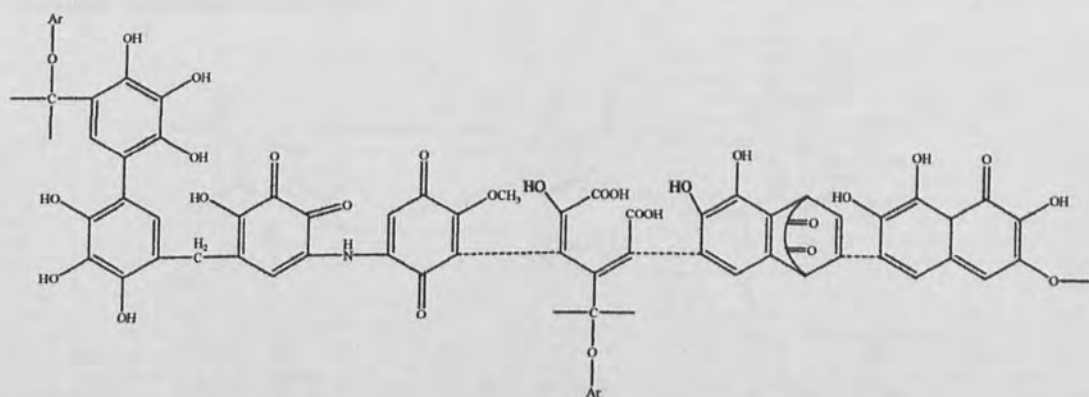
2.4 Struktur Molekul Asid Humik dan Asid Fulvik

Bedasarkan kajian terhadap spektrum FTIR dan ^{13}C NMR, struktur molekul sebatian humik adalah berbeza-beza mengikut jenis tanah. Struktur molekulnya terdiri daripada struktur karbon aromatik dan alifatik yang mengandungi kumpulan karbonil, karboksil, fenolik, alkohol, eter dan ester (Stevenson, 1994). Menurut Schnitzer (1982), asid fulvik terdiri daripada 68% komponen aromatik manakala kurang daripada 35% bagi asid humik. Kebanyakan struktur gelang benzena dalam sebatian humik mengandungi dua atau lebih kumpulan berfungsi seperti karbonil, karboksil, hidroksil metoksi dan eter. Secara amnya, struktur molekul asid humik adalah lebih besar berbanding dengan struktur molekul asid fulvik. Menurut Buffle's (1977), struktur asid fulvik mempunyai kumpulan karboksil yang lebih banyak berbanding dengan asid humik.

2.4.1 Struktur Molekul Asid Humik

Mengikut kepada konsep semasa (Stevenson, 1994), molekul asid humik mengandungi berbagai-bagai jenis bahan polimerik. Stuktur asasnya terdiri daripada gelang aromatik seperti dihidroksi-fenol atau trihidroksi-fenol yang terikat oleh $-O-$, $-CH_2-$, $-NH-$, $-N=$ dan $-S-$. Stuktur molekulnya juga mengandungi kumpulan OH bebas dan ikatan gandadua kuinon. Dalam keadaan semulajadi, sebahagian daripada molekul asid humik akan terikat dengan sisa protein dan karbohidrat.

Menurut Flaig (1960) dan Stevenson (1982), struktur molekul asid humik mengandungi kumpulan kuinon, fenolik ($-OH$) dan karboksilik ($COOH$). Flaig (1960) juga mencadangkan kandungan kumpulan karboksilik ($COOH$) dalam struktur asid humik adalah lebih rendah berbanding dengan kumpulan fenolik. Struktur molekul asid humik yang telah dicadangkan oleh Flaig (1960) dan Stevenson (1982) masing-masing ditunjukkan dalam Rajah 2.3 dan Rajah 2.4.



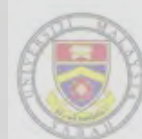
Rajah 2.3 Struktur molekul asid humik yang dicadangkan oleh Flaig (1960).

RUJUKAN

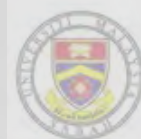
- Benites, V.M., Medonca, E.S., Schaefer, C.E.G.R., Novotny, E.H., Reis, E.L., Ker, J.C., 2005. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil. *Geoderma* **127**, ms 104 – 113.
- Bremner, J.M., 1950. Some observations on the oxidation of soil organic matter in the presence of alkali. *J. Soil Sci.* **1**, ms 198 – 204.
- Campitelli, P.A., Valasco, M.I., dan Ceppi, S.B., 2006. Chemical and physicochemical characteristics of humic acids extracted from compost, soil and amended soil. *Talanta* **69**, ms 1234 – 1239.
- Canellas, L.P., Velloso, A.C.X., Rumjanek, V.M., Guridi, F., Santos, G.A., Olivares, F.L., dan Brsz-Filho, R., 2002. Distribution of the humified fractions and characteristics of the humic acids of an ultisol under cultivation of eucalyptus and sugar cane. *TERRA* **20** (4), ms 371 – 381.
- Chatterjee, B., dan Bose, S., 1952. Conductometric acid/base titration of humic acid. *J. Colloid Sci* **1**, ms 414 – 427.
- Chen, J., Gu, B., Leboeuf, E.J., Pan, H., dan Dai, S., 2002. Spectroscopic characterization of the structural and functional properties of natural organic matter fraction. *Chemosphere* **48**, ms 59 – 68.
- Chen, Y., Senesi, N., dan Schnitzer, M., 1977. Information provided on humic substance by E4/E6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **41**, ms 352 – 358.
- Dai, J., Ran, W., Xing, B., Gu, M., dan Wang, L., 2006. Characterization of fulvic acid fractions obtained by sequential extraction with pH buffers, water and ethanol from paddy soils. *Geoderma*, ms 1-12.



- Davis, W.M., Erickson, C.L., Johnston, C.T., Delfino, J.J., dan Porter, J.E., 1999. Quantitative Fourier Transform Infrared Spectroscopic Investigation of Humic Substance Functional Group Composition. *Chemosphere* **38** (12), ms 2913-2928.
- Domeizel, M., Khalil, A., dan Prudent, P., 2004. UV spectroscopy: a tool for monitoring humification and for proposing an index of the maturity of compost. *Bioresource Technology* **94**, ms 177 – 184.
- Flaig, W., 1960. Comparative chemical investigation on natural humic compounds and Their model substance. *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.* **4**, ms 49 – 62.
- Flaig, W., Beutelspacher, H., dan Rietz, E., 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. Dlm: Gieseking, J.E., (pnyt.) *Soil Components: Volume 1. Organic Components*. Springer – Verlag, New York, ms 1 – 211.
- Gillam, W.S., 1940. A study on the chemical nature of humic acid. *Soil Science* **49**, ms 433 – 453.
- Gondar, D., Lopez, R., Fiol, S., Antelo, J.M., dan Arce, F., 2005. Characterization and acid – base properties of fulvic and humic acids isolated from two horizon of an ombrotrophic peat bog. *Geoderma* **126**, ms 367 – 374.
- Havers, N., Burba, P., Lambert, J., dan Klockow, D., 1998. Spectroscopic Characterization of Humic-Like Substance in Airborne Particulate Matter. *Journal of Atmospheric Chemistry* **29**, ms 45 – 54.
- Hayes, M.H.B., Swift, R.S., Wardle, R.E., dan Brown, J.K., 1975. Humic materials from an organic soil: A comparison of an extractants and properties of extracts. *Geoderma* **13**, ms 231 – 245.
- Hofrichter, M., dan Steinbuchel, A., 2001. *Biopolymer Volume 1: Lignin, Humic Substance and coal*. Wiley-VCH, New York, ms 247 – 392.



- Kononova, M.M., 1966. *Soil Organic Matter*. Pergamon, Elmsford, New York.
- Kumada, K., 1955. Absorption spectra of humic acid. *Soil Sci. Plant Nutr.* **1**, ms 29 – 30.
- Kumada, K., 1987. *Chemistry of Soil Organic Matter*. Japan Sci. Soc. Press. Tokya, Japan.
- Lansing, W.D., dan Kraemer, E.O., 1935. Molecular weight analysis of mixtures by sedimentation equilibrium on the Svedberg ultracentrifuge. *J. Am. Chem. Soc.* **57**, ms 1369 – 1377.
- Leenheer, J.A., Wershaw, R.L., Brown, G.K., dan Reddy, M.M., 2003. characterization and diagenesis of strong-acid carboxyl groups in humic substance. *Applied Geochemistry* **18**, ms 471 – 482.
- Malcom, R.L., 1989. Application of solid state ¹³CNMR spectroscopy to geochemical studies of humic substance. Dlm: Hayes, M.H.B., MacCarthy, P., Malcolm, R.L., dan Swift, R.S., (pnyt.) *Humic Substance II: In Search of Structure*. John Wiley & Son, New York. ms 339 – 372.
- Martin, D., Srivastava, P.C., Ghosh, D., dan Zech, W., 1998. Characteristics of humic substances in ccultivated and natural forest soil of Sikkim. *Geoderma* **84**, ms 345 – 362.
- Perdue, E.M., 1985. Acidic functional groups in humic substance. Dlm: Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., dan MacCarthy, P., (pnyt.) *Humic Substance In soil, Sediment and Water. Geochemistry, Isolation and Characterization*. Wiley-Interscience. New-York. ms 493 – 526.
- Riggle, J., Wandruszka, R.V., 2002. Conductometric characterization od dissolved humic material. *Talanta* **57**, ms 519 – 526.



- Ritchie, J.D., dan Perdue, E.M., 2003. Proton-binding study of standard and reference fulvic acids, humic acids and natural organic matter. *Geochemica et Cosmochimica Acta* **67** (1), ms 85 – 96.
- Roy, M.M., 1956. On the electrometric titration of humic acid prepared from coal. *Kolloid Zeitschrift* **153**, ms 174 – 178.
- Schnitzer, M., 1978. Humic Substance: Chemistry and Reaction. Dlm: Schnitzer, M., dan Khan, S.U. (pnyt.) *Soil Organic Matter*. Elsevier, Amsterdam, ms 1 – 64.
- Schnitzer, M., 1982. Organic matter characterization. Dlm: Page, A.L., Miller, R.H., dan Keeney, D.R. (pnyt.) *Method of Soil Analysis, Part 2*. Madison.
- Schnitzer, M., Khan, S.U., 1972. *Humic Substance in the Environment*. Marcel Dekker, New York.
- Schnitzer, M., Khan, S.U., (pnyt.) 1978. *Soil Organic Matter*. Elsevier, New York.
- Schnitzer, M., dan Gupta, V.C., 1965. Determination of acidity in soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **29**, ms 274 – 277.
- Schnitzer, M., dan Desjardins, J.G., 1966. Oxygen-containing functional group in organic soils and their relation to the degree of humification as determined by solubility in sodium pyrophosphate solution. *Can. J. Soil Sci.* **46**, ms 236 – 243.
- Schnitzer, M., dan Skinner, S.I.M., 1968. Alkali versus acid extraction of soil organic matter. *Soil Sci.* **105**, ms 392 – 396.
- Senesi, N., dan Lofferedo, E., 1999. The Chemistry of Soil Organic Matter. Dlm: Sparks, D.L., *Soil Physical Chemistry. Ed. Ke-2*. Boca Raton, FL: CRC Press.



Stevenson, F.J., 1982. *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction*. John Wiley & Son, New York.

Stevenson, F.J., 1994. *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction. edisi Ke-2*. Wiley, New York.

Stevenson, F.J., dan Cole, M.A., 1999. *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. edisi. Ke-2*. John Wiley & Sons , Inc.

Stevenson, F.J., dan Goh, K.M., 1971. Infrared spectra of humic acids and related substance. *Geochim. Cosmochim. Acta*. **35**, ms 471 – 483.

Steelink, C., 1985. Implications of elemental characteristics of humic substance. Dlm: Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., dan MacCarthy, P., (pnyt.) *Humic Substanc In soil, Sediment and Water. Geochemistry, Isolation and Characterization* Wiley-Interscience. New-York. ms 493 – 526.

Swift, R.S., dan Posner, A.M., 1972. Autoxidation of humic acid under alkaline condition. *J. Soil Sci*. **23**, ms 381 – 393.

Tsutsuki dan Kuwatsuka, 1979. Chemical studies on soil humic acid. VII, pH dependent nature of the ultraviolet and visible absorption spectra of HA. *Soil Sci. Plant Nutr*. **25**, ms 373.

Waksman, S.A., dan Iyer, N.R.N., 1932. Contribution to our knowledge of the chemical nature and origin of humus. *Soil Sci*. **34**, ms 43 – 69.

Wright, J.R., dan Schnitzer, M., 1960. Oxygen-containing functional groups in the organic matter of the Ao and Bo horizons of a podzol. *Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci.*, **II**, ms 120.



You, S.J., Allen, H.E., dan Sagar, T., 2006. Characteristics of soil organic matter (SOM) extracted using base with subsequent pH lowering and sequential pH extraction. *Environment International* **32**, ms 101 – 105.

