

KARAKTERISTIK TANAH

Arifin Fahmi dan Anna Hairani

Secara lebih teknis, Dent dan Pons (1995) mendefinisikan tanah sulfat masam sebagai tanah atau sedimen yang mengandung sejumlah besi sulfida yang jika teroksidasi menghasilkan lebih banyak asam sulfat daripada yang dapat dinetralkan oleh daya sangga tanah. Ketika bahan sulfidik tersebut teroksidasi maka pH tanah dapat menjadi sangat masam (pH <3,5). Tanah sulfat masam adalah tanah hasil endapan marin dengan ciri (salah satu atau beberapa) hal sebagai berikut: mengandung bahan sulfidik, memiliki horison sulfurik, terdapat bercak jarosit, yang mengandung bahan penetral berupa karbonat atau basa tukar lainnya. Istilah umum untuk tanah sulfat masam menggambarkan seluruh profil tanah yang terdiri atas tanah sulfat masam aktual dan lapisan tanah sulfat masam potensial (Smith, *et al.*, 2003) maupun juga digunakan untuk menggambarkan profil satu dari jenis bahan tanah ini.

A. Sifat Tanah Sulfat Masam

Sebagaimana dijelaskan dalam alinea sebelumnya bahwa perbedaan antara tanah sulfat masam potensial dan aktual hanya dilihat dari keberadaan bahan sulfidik dan horison sulfurik dalam profil tanah (Fanning, *et al.*, 2002), keberadaan horison sulfurik dan tingkat kematangan tanah (Van Breemen dan Pons, 1978), tingkat oksidasi mineral besi sulfida dan pH tanah (Department of Environment

Regulation Australia, 2015) serta kadar bahan sulfidik dan kedalamannya di dalam profil tanah (Alihamsyah, *et al.*, 2004; Noor, 2004). Sedangkan sifat tanah lainnya belum dinyatakan secara eksplisit sebagai pembeda dari kedua tipe tanah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sifat tanah lainnya seperti tekstur, kadar Fe dan sebagainya dapat saja tidak berbeda antara kedua jenis tanah tersebut. Hal ini merujuk pada hasil penelitian Hanhart dan Ni (1993) yang melaporkan bahwa pH tanah sulfat masam aktual dapat bervariasi dari 3 pada awal musim hujan sampai 7 pada musim kemarau. Istilah umum untuk tanah sulfat masam menggambarkan seluruh profil tanah yang terdiri atas tanah sulfat masam aktual dan lapisan tanah sulfat masam potensial (Smith, *et al.*, 2003) maupun juga digunakan untuk menggambarkan profil satu dari jenis bahan tanah ini (Fitzpatrick, *et al.*, 2003). Sifat mineralogi dan geokimia tanah sulfat masam aktual, tanah sulfat masam potensial

dan tanah sulfat masam pasca-aktif sebagian besar mencerminkan sifat bahan induknya, tetapi pada tanah sulfat masam aktual dapat dikenali dari adanya mineral dan sifat kimia tanah yang labil (Sukitprapanon, *et al.*, 2016). Karakteristik kimia tanah sulfat masam di berbagai tempat disajikan pada Tabel 1, 2, 3, 4, 5 dan 6.

Tabel 1. Sifat-Sifat Tanah Sulfat Masam yang Selalu Diberi Jerami Padi Setiap Tahunnya dan yang Tidak Pernah Diberikan di Desa Belandean, Kabupaten Barito Kuala

Parameter	Tanah Sulfat Masam	
	Tanpa Jerami Padi	Selalu Diberi Jerami Padi
pH (H ₂ O)	4,2	3,9
P (Bray 1)(mg kg ⁻¹)	14,0	17,3
P total (%)	0,26	0,56
Fe ²⁺ (mg kg ⁻¹)	444	445
C organik(%)	6,1	6,8
N total (%)	0,38	0,42
C/N	16,2	16,2
C/P	0,2	0,1

Sumber: Fahmi, *et al.*, (2009)

Tabel 2. Karakteristik Fisika dan Kimia Tanah pada Lahan Sulfat Masam di Kalimantan

Sifat-Sifat Tanah*)	Sulfat Masam Potensial		Sulfat Masam Aktual	
	0–50 cm	50–200 cm	0–50 cm	50–200 cm
Tekstur	Liat debuan	Liat	Liat debuan	Liat
pH H ₂ O (1:5)	4,3	3,5	3,6	2,8
DHL (1:5) (dS/m)	7,25	7,32	5,69	4,34
C-organik (%)	9,16	6,61	10,93	7,51
N-total (%)	0,59	0,28	0,49	0,22
P ₂ O ₅ HCl (mg/100 g)	115	33	45	17
K ₂ O HCl(mg/100 g)	32	29	81	73
P ₂ O ₅ Bray II (ppm)	17,7	15,2	19,3	12,6
Ca-dd (cmol/kg)	5,11	4,61	4,12	3,49
Mg-dd (cmol/kg)	7,05	8,02	9,25	8,30
K-dd (cmol/kg)	0,56	0,43	0,89	0,37

Na-dd (cmol/kg)	6,01	4,91	14,87	9,70
KTK pH 7 (cmol/kg)	31,5	28,9	37,2	33,5
Kejenuhan basa (%)	49	55	42	40
Kejenuhan Al (%)	35	47	71	67
Pirit (%)	1,12	1,35	1,07	2,38

*) Nilai rata-rata dari 27 contoh tanah. dd: dapat ditukar

Sumber: Subagyo (2006)

Tabel 3. Karakteristik Kimia Tanah Sulfat Masam dari Seri *Typic Sulfaquept*, Malaysia

Sifat-Sifat Tanah	Kedalaman Tanah (cm)				
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
pH	3,43	3,41	3,30	3,21	3,17
DHL (dS/m)	0,30	0,23	0,25	0,25	0,24
C-org (%)	4,36	1,18	0,85	0,83	0,79
N total (%)	0,25	0,10	0,08	0,07	0,06
P tersedia	13,10	3,40	2,72	1,95	1,77
Ca-dd (cmol/kg)	1,45	0,56	0,50	0,68	0,67
Mg-dd (cmol/kg)	0,67	0,23	0,24	0,24	0,24
K-dd (cmol/kg)	0,98	2,34	2,56	2,83	3,05
Al-dd (cmol/kg)	7,71	7,69	8,01	8,23	8,09
Fe (mg/kg)	69,70	89,25	116,45	221,60	232,00
KTK (cmol/kg)	15,86	9,79	9,64	9,79	9,71

Sumber: Rosilawati, *et al.*, (2014)

Tabel 4. Karakteristik Kimia Tanah Sulfat Masam yang Ditanami Padi di Daerah Cox's Bazar, Banglades

Sifat-Sifat Tanah*)	Waktu Pengambilan Contoh	
	Awal Tanam	Panen
Tekstur	Liat debuan	
pH H ₂ O (1:5)	4,2	5,7
DHL (1:5) (S/m)	1,6	0,38
C-organik (%)	21,3	21,8
Ca-dd (cmol/kg)	0,95	5,35
Mg-dd (cmol/kg)	1,79	6,53
K-dd (cmol/kg)	0,36	0,76
Na-dd (cmol/kg)	3,43	2,41
KTK pH 7 (cmol/kg)	19,1	19,8

Kejenuhan basa (%)	34,2	77,8
Kejenuhan Al (%)	7,91	0,53
Pirit (g/kg)	73	35

Sumber: Khan, *et al.*, (2016)

Tabel 5. Karakteristik Kimia Tanah Sulfat Masam pada Daerah dengan Intensitas Drainase Intensif McLeods Creek dan Daerah dengan Intensitas Drainase Terbatas Clothier Creek, Australia

Sifat-Sifat Tanah*)	Asal Contoh Tanah	
	McLeods Creek	Clothier Creek
pH H ₂ O (1:5)	4,7	3,0
DHL (1:5) (S/m)	8,1	132
C-organik (%)	0,50	-
Ca-total (cmol/kg)	3	1,3
Mg-total (cmol/kg)	9	3
K-total (cmol/kg)	1	0,2
Na-total (cmol/kg)	64	2,3
Fe	0,017	0,051

Sumber: Green, *et al.*, (2006)

Tabel 6. Karakteristik Kimia Lapisan Tanah Sulfat Masam Aktual, Tanah Sulfat Masam Potensial dan Tanah Sulfat Masam Pascaaktif, Thailand

Karakteristik	Sulfat Masam Potensial		Sulfat Masam Aktual		Sulfat Masam Pasca-Aktif	
	Topsoil	Tereduksi	Topsoil	Tereduksi	Topsoil	Tereduksi
C-organik (%)	39	23	37	9,1	24	14
DHL (1:5) (S/m)	26	29	4,8	12	1,8	9,2
Na-larut (g/kg)	2,6	2,7	568	1,4	159	621
K-larut (g/kg)	158	94	40	67	7,7	80
Mg-larut (g/kg)	395	500	158	346	49	576
Ca-larut (g/kg)	240	277	160	227	359	904

Sumber: Sukitprapanon, *et al.*, (2015)

B. Klasifikasi Tanah Sulfat Masam

Mineral pirit atau bahan sulfidik adalah penciri utama tanah sulfat masam. Berdasarkan keberadaan lapisan bahan sulfidik atau horison sulfurik dalam profil tanah, Soil Survey Staff (2010) mengklasifikasikan

tanah sulfat masam sebagai ordo entisol, inseptisol ataupun histosol. Sedangkan menurut IUSS Working Group WRB (2014) tanah sulfat masam dikategorikan sebagai tanah *thionic fluvisols*, *thionic gleysols*, dan *thionic histosols*. Istilah *thionic* berarti sulfur yang berasal dari kata *theion* (Yunani), kata *fluvi* (*fluviatil*) memiliki arti sebagai hasil endapan (marin), kata *gley* menunjukkan tingginya kadar klei, sedangkan kata *histo* menunjukkan adanya lapisan gambut di permukaan tanah.

Klasifikasi tanah sulfat masam dapat didasarkan oleh banyak faktor, beberapa peneliti telah mengelompokkan tanah sulfat masam berdasarkan beberapa kategori seperti kondisi pirit (Widjaya Adhi, *et al.*, 1992), kondisi mineral sulfida (Fanning, *et al.*, 2002) dan kedalaman horison sulfurik (Van Breemen dan Pons, 1978). Menurut Widjaya Adhi, *et al.*, (1992), berdasarkan kendala dan sifat tanahnya, yaitu pirit, tanah sulfat masam dapat dibedakan menjadi enam tipologi lahan, seperti yang diuraikan dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kriteria dan Tipologi Tanah Sulfat Masam Berdasarkan Jenis dan Kondisi Pirit

Kode	Tipologi	Kedalaman Pirit (cm)	Kondisi
SMP-1	Alluvial bersulfida dangkal	<50	Menunjukkan adanya bahan sulfidik/pirit, pH 3,5–4,0
SMP-2	Alluvial bersulfida dalam	50–100	Menunjukkan adanya bahan sulfidik/pirit, pH >4,0
SMP-3	Alluvial bersulfida sangat dalam	>100	Menunjukkan adanya bahan sulfidik/pirit, pH >4,0–4,5
SMA-1	Alluvial bersulfat -1	<100	Belum adanya ciri horison sulfurik, pH >3,5 dan tampak bercak berpirit
SMA-2	Alluvial bersulfat-2	<100	Menunjukkan adanya ciri horison sulfurik, pH <3,5
SMA-3	Alluvial bersulfat-3	>100	Menunjukkan adanya ciri horison sulfurik, pH <3,5

Sumber: Widjaya Adhi (1992); Noor (2004)

Secara umum Fanning (2006) mengelompokkan tanah sulfat masam berdasarkan tingkat oksidasi bahan sulfidik menjadi tiga kelompok yaitu:

1. Tanah sulfat masam potensial (*potential acid sulfate soil*). Tanah-tanah yang mengandung mineral sulfida yang dapat teroksidasi

menghasilkan asam sulfat (belum teroksidasi). Bahan sulfidik terdapat pada kedalaman kurang dari 50 cm dari permukaan tanah.

2. Tanah sulfat masam aktif (*active acid sulfate soil*). Tanah-tanah dengan bahan sulfidik pada lapisan yang dekat permukaan tanah telah teroksidasi dan menghasilkan asam sulfat yang melebihi daya sangga tanahnya sehingga menyebabkan pH tanah yang sangat masam.
3. Tanah sulfat masam pasca-aktif (*post active acid sulfate soil*). Tanah-tanah yang telah menunjukkan kondisi mineral sulfidanya telah teroksidasi sempurna. Tanah ini memiliki bercak kemerahan dan masih dapat mengalami peningkatan kemasaman karena tingginya kandungan aluminium terlarut. Ketika proses pelapukan dan pedogenesis lainnya terjadi (Bigham dan Nordstrom, 2000). Artinya tanah sulfat masam aktif telah menuju pada tahapan perkembangan yang lebih lanjut, di mana mineral sulfida tidak lagi ada di lapisan permukaan tanah dan pH tanah >4 . Kondisi yang umumnya terjadi akibat pengapuran atau drainase, pada kondisi tersebut tanah dinyatakan sebagai tanah pasca-aktif sulfat masam.

Van Breemen dan Pons (1978) mengelompokkan tanah sulfat masam berdasarkan kedalaman horison sulfurik dalam profil tanah menjadi tanah sulfat masam potensial dan aktual, dengan pengertian sebagai berikut.

1. Tanah sulfat masam potensial, cirinya antara lain adalah horison sulfurik berada pada kedalaman >50 cm dari permukaan tanah. Tanah ini digolongkan ke dalam kelompok besar (*great group*) *sulfaquent* cirinya berwarna kelabu, masih mentah ($n >0,7$) (Soil Survey Staff, 2014).
2. Tanah sulfat masam aktual, adalah tanah yang cirinya antara lain berwarna kecoklatan, cukup matang ($n <0,7$), dan sangat masam atau pH $<3,5$, horison sulfurik pada kedalaman <50 cm dari permukaan tanah. Tanah ini digolongkan ke dalam *great group sulfaquent* (Soil Survey Staff 2014).

Subagyo (2006) berpendapat bahwa beberapa ciri tanah sulfat masam potensial adalah memiliki lapisan tanah bagian atas telah teroksidasi (relatif lebih tipis sekitar 25–75 cm), setengah matang-hampir matang, pH tanah lapisan atasnya sangat masam (pH 4,0–4,3)

dan tekstur umumnya klei berdebu. Lapisan bawahnya lebih tereduksi, agak mentah-mentah, pH tanah ekstrem masam (pH 3,5–3,8) dan tekstur klei berdebu sampai klei. Sedangkan tanah sulfat masam aktual memiliki pH tanah sangat masam (pH 3,6) pada lapisan atasnya, lapisan bawahnya memiliki pH tanah ekstrem masam (pH 1,8–3,5) dan banyak kandungan ion-ion yang bersifat racun/toksik, sehingga tidak sesuai untuk tanaman pertanian.

Menurut Department of Environment Regulation, Australia (2015) tanah sulfat masam potensial adalah tanah atau sedimen yang mengandung mineral besi sulfida dan atau mineral sulfida lainnya yang belum teroksidasi, memiliki pH >4, umumnya netral-basa (pH 7–9), dan selalu jenuh dengan air. Tanah sulfat masam aktual adalah tanah atau sedimen yang mengandung besi sulfida telah teroksidasi menghasilkan asam sulfat. Hal ini menyebabkan keasaman (pH <4), terdapat bercak kuning dan/atau merah (jarosit/besioksida) dalam profil tanahnya. Tanah sulfat masam aktual umumnya juga mengandung residu besi sulfida yang belum teroksidasi (kemasaman potensial).

Walaupun demikian, Alihamsyah, *et al.*, (2004) dan Noor (2004) menyebut tanah sulfat masam potensial menjadi “lahan potensial” yang memiliki pengertian lahan pasang surut yang tanahnya mengandung bahan sulfidik tidak melebihi 2% dan berada pada kedalaman >50 cm dari permukaan tanah. Sedangkan tanah sulfat masam aktual adalah lahan pasang surut yang tanahnya mengandung bahan sulfidik lebih besar dari 2% dan berada pada kedalaman <50 cm dari permukaan tanah. Pembagian kelompok tanah sulfat masam tersebut dibedakan berdasarkan tingkat kendala menurut potensi pengembangannya.

Berdasarkan uraian terdahulu, diketahui bahwa tanah sulfat masam dapat diklasifikasikan atau digolongkan menjadi beberapa ordo atau kelompok menurut beberapa dasar atau macam pengelompokannya, walaupun sistem klasifikasi atas tanah sulfat masam membedakan tanah sulfat masam menjadi tiga kelompok Fanning (2006) dan Sukitprapanon *et al.* (2016) ataupun Widjaya-Adhi, *et al.*, (1992) mengelompokkan tanah sulfat masam menjadi enam tipologi, penjabaran dalam buku ini hanya akan dijelaskan dua jenis tanah sulfat masam yaitu tanah sulfat masam potensial dan aktual sebagai kelompok yang utamanya dikenal dan digunakan di Indonesia khususnya dan dunia pada umumnya.

1. Tanah Sulfat Masam Potensial

Tanah sulfat masam adalah tanah atau sedimen yang terdapat di sekitar dataran pantai ataupun daerah pedalaman sekitar tambang yang mengandung mineral sulfida yang dapat teroksidasi atau sebagian telah teroksidasi, umumnya berbentuk pirit. Ketika tanah sulfat masam tetap dalam kondisi tereduksi mineral sulfida stabil secara kimiawi, maka tanah tersebut disebut sebagai tanah sulfat masam potensial. Mineral sulfida dapat teroksidasi ketika berinteraksi dengan oksigen atau oksidator lainnya. Reaksi oksidasi tersebut menghasilkan asam sulfat yang memasamkan tanah dan air, tanah tersebut disebut tanah sulfat masam aktual (Blunden, 2000).

Tanah sulfat masam potensial adalah sedimen dengan lapisan yang mengandung pirit seluruh atau sebagiannya yang secara konsisten berada dalam kondisi tergenang atau tidak teroksidasi. Tanah ini berwarna abu-abu gelap, mentah dan sering ditemukan mengandung sisa-sisa bahan organik yang telah terdekomposisi (Dent dan Pons, 1995). Subagyo (2006) menyatakan beberapa ciri tanah sulfat masam potensial adalah tanah lapisan atas (25–75 cm) telah teroksidasi, setengah matang-hampir matang, pH tanahnya sangat masam-agak masam ($\text{pH} > 4,0$), bertekstur klei berdebu, dan warnanya kelabu tua sampai coklat keabu-abuan. Lapisan bawahnya tereduksi, agak mentah-mentah dengan pH tanah masam-agak masam ($\text{pH} > 4,0$), bertekstur klei berdebu-klei, dan warnanya kelabu tua-kelabu gelap.

Ciri tanah sulfat masam potensial di lapangan dapat diketahui dari adanya bau menyengat dari senyawa belerang sulfida (H_2S), adanya lumpur yang mengandung bahan organik, serta terlihat adanya lapisan klei yang berwarna abu-abu gelap sebagai indikasi kondisi drainase yang jelek (Lines–Kelly, 2000). Menurut Australian Soil Classification Scheme (Isbell, 1996) tanah sulfat masam potensial dapat diidentifikasi secara lebih detail, yaitu:

Tanah lapisan bawah, tergenang, berupa mineral atau bahan organik yang mengandung senyawa sulfur secara potensial dapat teroksidasi seperti pirit, pH-nya ≥ 4 dan jika teroksidasi menjadi sangat masam. Bahan sulfidik dapat diidentifikasi dari kondisi pH-nya yang akan turun sebanyak 0,5 unit hingga mencapai $\leq 4,0$ (1:1 berdasarkan berat) ketika diinkubasi selama 8 minggu. Untuk uji cepatnya dapat dilakukan dengan

memberikan 50 ml H₂O₂ 30%, jika pH suspensi tersebut <2,5. Tanah sulfat masam potensial berpotensi menghasilkan asam sulfat jika teroksidasi, tanah tersebut akan tetap stabil jika berada dalam kondisi tergenang atau anaerob, tetapi jika teroksidasi maka tanah akan berkembang menjadi tanah sulfat masam aktual (Ritsema dan Groenenberg, 1993).

2. Tanah Sulfat Masam Aktual

Tanah sulfat masam aktual adalah tanah sulfat masam dengan kedalaman lapisan tanah yang mengandung bahan sulfidik ≤50 cm dari permukaan tanah. Definisi lainnya menyatakan tanah sulfat masam aktual sebagai tanah atau sedimen yang mengandung bahan sulfidik sedang atau telah teroksidasi, dalam konteks ini dapat dikatakan tanah yang telah menunjukkan keberadaan bahan sulfurik seperti jarosit. Ketika lapisan pirit (bahan sulfidik) pada profil tanah sulfat masam potensial teroksidasi selanjutnya dihasilkan asam sulfat, mineral sekunder seperti jarosit dan scwermannit (bahan sulfurik) maka tanah tersebut dapat dikatakan sudah mengalami transformasi menjadi tanah sulfat masam aktual. Hal ini dapat diartikan bahwa salah satu ciri tanah sulfat masam aktual adalah keberadaan bahan sulfurik.

Bahan sulfurik adalah bahan tanah yang memiliki pH ≤4 (1:1 berdasar berat basah) ketika diukur pada musim kemarau, sebagai akibat dari oksidasi bahan sulfidik. Terdapat bercak dan selaput jarosit (hue 2,5 Y atau lebih kuning dan kroma ≥6), terdapat bahan sulfidik di lapisan bawah. Tanda-tanda tanah sulfat masam aktual yang sebenarnya mungkin seperti:

- a. Terdapat bercak jarosit pada permukaan tanah, sekitar retakan dan sekitar intrusi akar.
- b. Terdapat karat besi pada permukaan jaringan tanaman.
- c. pH tanah ≤4.
- d. Terdapat karat besi berwarna merah pada permukaan air atau air tidak berwarna (jernih).

Menurut Fanning (1993) berdasarkan kedalamannya, profil tanah sulfat masam aktual dapat terdiri dari tiga fase oksidasi (pra-oksidasi, oksidasi aktif, dan pasca-oksidasi). Fase pra-oksidasi ditemukan pada lapisan yang berada di bawah lapisan yang masih mendapat pengaruh

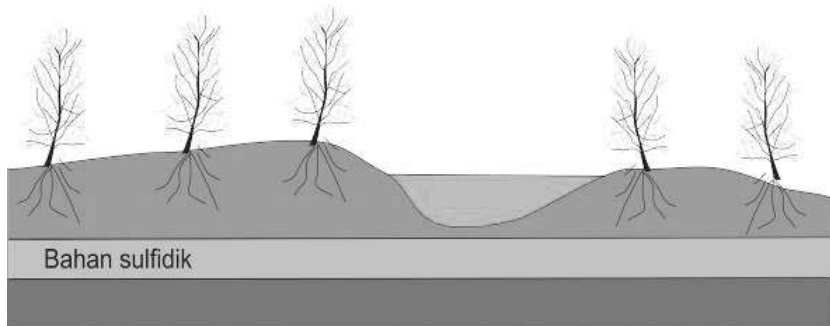
redoks, tahap oksidasi aktif terdapat pada lapisan yang menjadi batas redoks, sedangkan tahap pasca-oksidasi ditemukan pada lapisan permukaan yang telah terpapar selama bertahun-tahun.

C. Perkembangan Tanah Sulfat Masam

Tanah sulfat masam adalah tanah yang lapisannya memiliki bahan sulfidik dan/atau bahan sulfurik dan/atau horison sulfurik. Secara alamiah tanah sulfat masam terbentuk pada daerah dataran rendah, di mana sebagian atau seluruh profil tanah berada di bawah permukaan air tanah (anaerob). Dalam kondisi tersebut tanah sulfat masam dalam kondisi yang terjaga dari oksidasi dan tetap stabil. Ketika permukaan air tanah turun, baik secara alamiah maupun akibat didrainase maka bahan sulfidik dapat mengalami oksidasi, ketika tanah sulfat masam potensial teroksidasi maka dihasilkan asam sulfat akibat penggalian, pengerukan atau penimbunan sedimen (Evangelou, 1998). Penurunan muka air juga terjadi secara alami melalui akibat evapotranspirasi oleh vegetasi, kekeringan ekstrem atau reklamasi lahan, akibatnya sebagian besar asam yang dihasilkan dari oksidasi secara alamiah ini akan dinetralkan atau disangga dalam profil tanah. Walaupun demikian, penyebab paling umum adalah terjadinya penurunan muka air. Perubahan ini memiliki dampak terhadap laju pemasaman yang lebih besar pada tanah sulfat masam potensial. Drainase menyebabkan turunnya muka air dan menyebabkan bahan-bahan tanah sulfat masam potensial teroksidasi (Johnston, *et al.*, 2011; 2012). Tetapi di banyak daerah, intervensi manusia telah memperburuk masalah dan menyebabkan pemasaman melebihi daya sangga tanah. Jika proses tersebut berlangsung secara intensif menyebabkan pembentukan mineral sekunder seperti jarosit ataupun menyebabkan terbentuknya horison sulfurik maka dinyatakan bahwa tanah tersebut mengalami transformasi dari tipe tanah sulfat masam potensial menjadi tanah sulfat masam aktual.

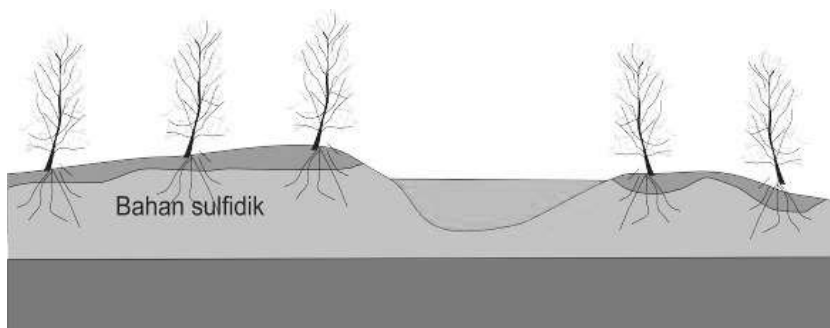
Oksidasi bahan sulfidik dalam tanah sulfat masam potensial menyebabkan perubahan sifat tanah seperti turunnya pH tanah ≤ 4 dan terbentuknya bahan sulfurik, pada kondisi ini tanah sulfat masam potensial berubah menjadi tanah sulfat masam aktual. Hasil percobaan kolom Ritsema, *et al.*, (1992) dengan melakukan inkubasi terhadap tanah sulfat masam dari Indonesia menunjukkan bahwa telah terjadi

transformasi tanah sulfat masam potensial menjadi tanah sulfat masam aktual dalam 450 hari. Menurut Johnston, *et al.*, (2003) perubahan tanah sulfat masam potensial menjadi tanah sulfat masam aktual secara efektif ditentukan oleh ketinggian muka air, hal tersebut berhubungan dengan aksesibilitas oksigen dalam profil tanah. Walaupun demikian, perubahan pH tanah yang terjadi sangat tergantung pada daya sangga tanah, oksidasi tanah sulfat masam potensial mungkin atau tidak membentuk tanah sulfat masam aktual (Ritsema, *et al.*, 1992).



Gambar 2. Kondisi Lingkungan yang Mampu Mencegah Oksidasi Pirit

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. Kondisi Lingkungan yang Berpotensi Menyebabkan Pirit Teroksidasi dan Melepaskan Sejumlah Besar Ion H ke Perairan dan Lingkungan Sekitarnya

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Secara pedologis, setiap tanah secara dinamis mengalami perkembangan, demikian pula tanah sulfat masam yang dinyatakan oleh beberapa ahli memiliki sifat perkembangan yang lebih lambat

dibandingkan ordo tanah lainnya. Hal ini disebabkan tanah sulfat masam yang khususnya berada atau sering terluapi oleh aliran pasang surut masih dan secara terus-menerus mendapatkan pengkayaan atau sedimentasi pada lapisan permukaannya. Walaupun demikian, tipe tanah sulfat masam dapat dibedakan dengan adanya mineral labil dan oleh sifat kimia tanah yang labil seperti pH, kandungan sulfur, karbon organik, konduktivitas listrik, keasaman aktual dan keasaman total (Sukitprapanon, *et al.*, 2016). Menurutnya perbedaan sifat pirit, Fe-(hidroksida, jarosit, dan total sulfur) antara tanah sulfat masam potensial dan sulfat masam aktual disebabkan oleh perbedaan kondisi hidrologis lahan dan pola manajemen atau pengelolaannya (Sukitprapanon, *et al.*, 2016). Akibatnya tanah sulfat masam aktual misalnya dapat terus berkembang menjadi tanah yang kondisi mineral sulfidanya telah teroksidasi sempurna, dan tidak lagi terdapat di lapisan permukaan tanah dengan pH tanah >4. Meskipun demikian, tanah ini masih dapat mengalami peningkatan kemasaman karena tingginya kandungan aluminium terlarut. Tanah sulfat masam pada perkembangan ini disebut atau dikenal juga sebagai tanah sulfat masam pasca-aktif (*post active acid sulfate soil*) (Fanning, 2006; Sukitprapanon, *et al.*, 2016).

D. Identifikasi Tanah Sulfat Masam di Lapangan

Tanah sulfat masam merupakan tanah dengan ciri (salah satu atau beberapa) sebagai berikut: mengandung bahan sulfidik terutama pirit, memiliki horison sulfurik, terdapat bercak jarosit dan mengandung bahan penetral berupa karbonat atau basa tukar lainnya. Indikasi dari beberapa syarat tersebut dapat dilihat secara langsung di lapangan atau dengan bantuan bahan kimia tertentu. Secara lebih detail beberapa cara untuk mengidentifikasi tanah sulfat masam telah dibahas oleh Noor (2004), antara lain: menggunakan larutan H_2O_2 30%, NaN_3 , $BaCl_2$, kertas PbO-Asetat, inkubasi dan menghitung kemasaman tertitrasi.

Salah satu cara praktis dan sering digunakan di lapangan adalah menggunakan larutan H_2O_2 30%. Caranya adalah dengan mengambil tanah segar kira-kira 5 cm^3 dan dimasukkan ke dalam cawan porselin atau plastik yang kemudian diberikan larutan H_2O_2 sebanyak 20 ml, jika bahan tanah tersebut mengandung pirit maka akan muncul gelembung/busa dan asap putih beberapa saat setelahnya. Hal ini terjadi

karena pemberian H_2O_2 terhadap pirit menyebabkan terbentuknya asam sulfat + mineral besi sulfat + panas. Reaktivitas dan waktu munculnya gelembung/busa dan asap putih merupakan suatu indikasi dari tingginya kandungan pirit. Menurut Noor (2004) bahwa semakin cepat dan banyak gelembung/busa dan asap putih yang muncul maka kandungan pirit dari bahan tersebut adalah tinggi. Kadar pirit dalam suspensi tersebut dapat diestimasi melalui pengukuran pH larutannya, jika pH larutan $<2,5$ merupakan indikasi kandungan pirit yang sangat tinggi (Notohadiprawiro, 1985).



Gambar 4. Gelembung dan Asap Putih yang Muncul pada Lapisan Tanah yang Mengandung Bahan Sulfidik Setelah Ditetesi Peroksida (H_2O_2 30 %)

Sumber: Dokumentasi Pribadi