

UJI SIFAT KIMIA TANAH BERPIRIT AKIBAT LAMA PENGERINGAN DAN KEDALAMAN MUKA AIR TANAH

DEWI YULIANA E.
Universitas Hindu Indonesia Denpasar

ABSTRAK

This research consisted of green house experiment prepared in completing randomize design in 3 replications. The treatment includes the combination of 2 factors (depth water table: 20, 40 cm below the pyrite layer; light of drying: 2, 4, 6 and 8 weeks). The control is inundated soil. The longer the drying pyrite and the deeper water table, the soil pH, the content of ferro and soluble sulphate decrease, on the other hand the ferri and Al-exchangeable increase.

Key word : soil chemistry, pyrite soil, drying period, and depth water table, ,

PENDAHULUAN

Tanah sulfat masam potensial mempunyai kandungan pirit yang cukup tinggi pada kedalaman kurang dari 50 cm dari permukaan tanah. Apabila pirit teroksidasi akan menghasilkan asam sulfat dan bila produksi asamnya melebihi kapasitas netralisasi tanah, maka pH tanah akan turun di bawah 4 (Widjaya-Adhi., *et al.*, 1991). Selanjutnya menurut Soedarsono (1991), akibat peningkatan keasaman ini maka beberapa unsur hara seperti Al dan Fe akan meningkat kelarutannya sehingga dapat bersifat racun bagi tanaman. Juga mengakibatkan berkurangnya ketersediaan P dan rendahnya kejenuhan basa sehingga tanaman kahat akan unsur hara.

Bila diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk oksidasi pirit menjadi sulfat, maka petani tidak mempunyai masalah untuk mengganti air genangan asalkan waktu datangnya air pengganti tidak melebihi waktu yang dibutuhkan untuk teroksidasinya pirit. Ada pendapat dengan mengering udarakan tanah berpirit akan terbentuk tanah sulfat masam dalam waktu 12 hari, namun berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk teroksidasinya pirit pada keadaan sesungguhnya di lapang sampai saat ini secara pasti belum diketahui. Surjanto., *et al.*, (1991), menyatakan bahwa potensi

tanah untuk menjadi tanah sulfat masam selain ditentukan oleh adanya lapisan pirit, juga ditentukan oleh kedalaman muka air tanah dari permukaan tanah.

Berdasarkan uraian di atas perlu kiranya dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana perubahan sifat-sifat kimia tanah berpirit pada kedalaman muka air tanah dan lama pengeringan yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Percobaan ini dilaksanakan di lokasi Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Rawa terpadu (ISDP) di Daerah Karang Agung Ulu Sumatera Selatan. Percobaan ini dirancang dengan mempergunakan Rancangan Faktorial dengan dua faktor dalam Rancangan Acak Lengkap. Faktor pertama adalah teknologi kedalaman muka air tanah (K) yang terdiri atas dua taraf yaitu : 20 cm (K1) dan 40 cm (K2) dari permukaan lapisan pirit. Faktor kedua adalah lama pengeringan (P) terdiri atas empat taraf : 2 (P1), 4 (P2), 6 (P3) dan 8 (P4) minggu pengeringan. Sebagai pembanding adalah tanah tergenang yang tidak pernah dikeringkan. Dari perlakuan tersebut diperoleh 8 kombinasi perlakuan dengan 1 kontrol, yang diulang 3 kali. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis kuantitatif biasa dengan interpretasi data bersifat deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemasaman (pH) Tanah

Pengeringan tanah ternyata mampu menurunkan pH tanah, dan pH tanah akan terus menurun dengan semakin lamanya pengeringan (Tabel 1). Demikian pula terlihat dengan semakin dalamnya permukaan air tanah dari permukaan lapisan pirit akan mengakibatkan pH tanah menurun. Hal ini berbanding terbalik dengan kontrol (tanah digenangi terus menerus), dengan penggenangan terus menerus menyebabkan pH tanah meningkat (Tabel 1). Penurunan pH tersebut lebih besar pada tanah dengan muka air tanah yang lebih dalam. Pengeringan tanah dapat menyebabkan pirit teroksidasi sehingga dilepaskan ion H^+ (Dent, 1986). Ion H^+ yang terlarut menyebabkan pH tanah turun. Pada tanah dengan air tanah yang dangkal, oksidasi pirit tidak terjadi dengan dengan kuat sehingga turunnya pH tanah tidak terlalu besar.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH Tanah Akibat Lama Pengeringan yang Berbeda dan Kedalaman Muka Air Tanah

Perlakuan	Lama Pengeringan (Minggu)				
	0	2	4	6	8
Penggenangan Terus Menerus (Kontrol)	5.2	-	-	-	-
Muka Air Tanah 20 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	5.2	4.65	4.63	4.54	4.32
- Pengeringan 6 Minggu		5.2	4.65	4.63	4.54
- Pengeringan 4 Minggu			5.2	4.65	4.63
- Pengeringan 2 Minggu				5.2	4.65
Muka Air Tanah 40 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	5.2	4.62	4.60	4.52	4.26
- Pengeringan 6 Minggu		5.2	4.62	4.60	4.52
- Pengeringan 4 Minggu			5.2	4.62	4.60
- Pengeringan 2 Minggu				5.2	4.62

Produksi H^+ inilah yang menyebabkan pH tanah turun menjadi sangat rendah dan berbahaya bagi tanaman. Namun dari Tabel 1 terlihat bahwa pH tanah berkisar 5.30 (pada kontrol) dan 4.26 (pada K2P4). Hal tersebut membuktikan bahwa tanah belum mengalami oksidasi maksimum (tidak turunnya pH tanah di bawah 4), juga disebabkan karena adanya bahan lain yang dapat menetralkan kemasaman tersebut. Dengan kata lain produksi asamnya belum melebihi kapasitas netralisasi tanah.

Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd)

Pengukuran kadar Al-dd pada akhir pengeringan ternyata menunjukkan terjadi peningkatan dengan semakin lamanya pengeringan dan semakin dalamnya permukaan air tanah di bawah permukaan lapisan pirit (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Al-dd (me/100 g) Akibat Lama Pengeringan yang Berbeda dan Kedalaman Muka Air Tanah

Perlakuan	Lama Pengeringan (Minggu)				
	0	2	4	6	8
Penggenangan Terus Menerus (Kontrol)	7.61	-	-	-	5.35
Muka Air Tanah 20 cm					

- Pengeringan 8 Minggu	7.61	9.31	11.05	15.10	18.21
- Pengeringan 6 Minggu		7.61	9.31	11.05	15.10
- Pengeringan 4 Minggu			7.61	9.31	11.05
- Pengeringan 2 Minggu				7.61	9.31
Muka Air Tanah 40 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	7.61	11.48	13.89	16.13	20.42
- Pengeringan 6 Minggu		7.61	11.48	13.89	16.13
- Pengeringan 4 Minggu			7.61	11.48	13.89
- Pengeringan 2 Minggu				7.61	11.48

Hal ini berbanding terbalik dengan kontrol (digenangi terus menerus), pada akhir penggenangan kadar Al-dd menurun (Tabel 2). Semakin dalam permukaan air tanah di bawah permukaan lapisan pirit, maka terjadi peningkatan kadar Al-dd rata-rata tertinggi pada K2 (kedalaman air tanah 40 cm di bawah permukaan lapisan pirit). Pada kondisi ini peluang terciptanya kondisi aerob lebih besar, sehingga oksidasi pirit berlangsung lebih baik, dengan demikian H^+ dan SO_4^{2-} kelutannya meningkat. Banyaknya kation H^+ yang dihasilkan dari oksidasi pirit, menyebabkan mineral-mineral silikat alumino di dalam tanah terhidrolisis oleh H^+ membebaskan Al^{3+} . Kadar Al-dd meningkat, tetapi Al-dd akan menjenuhi tanah bila pH menurun di bawah 4. Oleh karena itu ada hubungan yang erat antara tingginya kadar H^+ (rendahnya pH) dengan peningkatan kadar Al-dd. Van Breemen (1973), melukiskan pemecahan silikat alumino logam oleh H^+ sebagai berikut :



Besi Ferro dan Besi Ferri

Hasil analisis besi ferro dan besi ferri pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 3 dan 4. Secara keseluruhan besi ferro kadarnya menurun akibat pengeringan tanah. Semakin lama tanah dikeringkan maka semakin nyata terlihat adanya penurunan kadar besi ferro. Demikian pula kalau kita perhatikan pada perlakuan kedalaman muka air tanah, semakin dalam permukaan air tanah dari permukaan lapisan pirit maka kadar besi ferro semakin menurun. Hal ini jelas terlihat antara kedalaman muka air tanah 20 cm (K1) dengan 40 cm (K2) di bawah permukaan lapisan pirit. Secara rata-rata besi ferro

pada K2 kadarnya lebih rendah dibandingkan K1, hal sebaliknya terjadi pada kontrol, kadar besi ferro meningkat.

Secara keseluruhan kadar besi ferri berbanding terbalik dengan kadar besi ferro. Pada kontrol, di akhir penggenangan 2 bulan terlihat kadar besi ferri menurun. Hal sebaliknya kadar besi ferri meningkat pada perlakuan lama pengeringan. Semakin lama tanah dikeringkan dan semakin dalam muka air tanah dari permukaan lapisan pirit maka kadar besi ferri meningkat.

Meningkatnya kadar besi ferri dan menurunnya kadar besi ferro pada keadaan di atas, lebih disebabkan karena terciptanya kondisi aerob sehingga memungkinkan terjadinya oksidasi pirit. Seperti telah dikemukakan dalam reaksi-reaksi sebelumnya, bila pirit teroksidasi selain melepaskan ion H^+ dan SO_4^{2-} juga melepaskan Fe^{3+} .

Tabel 3. Hasil Pengukuran Besi Ferro (ppm) Akibat Lama Pengeringan yang Berbeda dan Kedalaman Muka Air Tanah

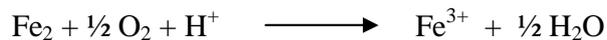
Perlakuan	Lama Pengeringan (Minggu)				
	0	2	4	6	8
Penggenangan Terus Menerus (Kontrol)	49.34	-	-	-	71.77
Muka Air Tanah 20 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	49.34	40.55	30.78	29.00	26.06
- Pengeringan 6 Minggu		49.39	40.55	30.78	29.00
- Pengeringan 4 Minggu			49.39	40.55	30.78
- Pengeringan 2 Minggu				49.39	40.35
Muka Air Tanah 40 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	49.34	39.70	28.21	25.19	21.59
- Pengeringan 6 Minggu		49.34	39.70	28.21	25.19
- Pengeringan 4 Minggu			49.34	39.70	28.21
- Pengeringan 2 Minggu				49.34	39.70

Tabel 4. Hasil Pengukuran Besi Ferri (ppm) Akibat Lama Pengeringan yang Berbeda dan Kedalaman Muka Air Tanah

Perlakuan	Lama Pengeringan (Minggu)				
	0	2	4	6	8
Penggenangan Terus Menerus (Kontrol)	420.77	-	-	-	398.34
Muka Air Tanah 20 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	420.77	429.56	439.33	441.11	444.05
- Pengeringan 6 Minggu		420.77	429.56	439.33	441.11

- Pengeringan 4 Minggu	420.77	429.56	439.33
- Pengeringan 2 Minggu		420.77	429.56
Muka Air Tanah 40 cm			
- Pengeringan 8 Minggu	420.77	430.41	441.90 444.19 448.52
- Pengeringan 6 Minggu		420.77	430.41 441.90 444.19
- Pengeringan 4 Minggu			420.77 430.41 441.90
- Pengeringan 2 Minggu			420.77 430.41

Di sisi lain peningkatan Fe^{3+} pada suasana oksidatif dapat juga dijelaskan, sebelum bereaksi dengan pirit oksigen bereaksi dahulu dengan besi ferro membentuk besi ferri (Van Breemen, 1976; Dent, 1986). Selanjutnya Dent (1986) menyatakan, pada pH rendah reaksi tersebut berjalan lambat, akan tetapi bakteri autotrof yang terdapat dalam tanah sulfat masam dapat mengatasi hambatan kinetik dalam reaksi kimia murni. Lebih lanjut Van Breemen (1973) menyatakan, pada pH rendah bakteri *T.ferrooxidans* mengoksidasi besi ferro menjadi besi ferri menurut reaksi sebagai berikut :



Sulfat Larut

Pengukuran sulfat larut (SO_4^{2-}) menunjukkan terjadinya peningkatan sulfat akibat perlakuan kedalaman muka air tanah kecuali kontrol (Tabel 5). Semakin dalam permukaan air tanah dari permukaan lapisan pirit menyebabkan semakin terciptanya suasana oksidatif sehingga pirit teroksidasi. Kadar sulfat pada K2 (Kedalaman muka air tanah 40 cm di bawah permukaan lapisan pirit) baik pada lama pengeringan 2 minggu (P1), 4 minggu (P2) dan 6 minggu (P3) lebih tinggi bila dibandingkan dengan K1 (Kedalaman muka air tanah 20 cm di bawah permukaan lapisan pirit) pada lama pengeringan yang sama. Namun untuk pengeringan 8 minggu (P4) terjadi sebaliknya, di mana pada K1 kadar sulfat (259.45 ppm) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar sulfat pada K2 (248.64 ppm). Sebagaimana telah dijelaskan dalam reaksi-reaksi sebelumnya dampak langsung akibat oksidasi pirit adalah terbentuknya sulfat. Dapat dipertegas bila pirit teroksidasi maka kadar sulfat akan meningkat kelarutannya di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan perlakuan kedalaman muka air tanah kecuali pada lama pengeringan 8 minggu (P4).

Tabel 5. Hasil Pengukuran Sulfat (ppm) Akibat Lama Pengeringan yang Berbeda dan Kedalaman Muka Air Tanah

Perlakuan	Lama Pengeringan (Minggu)				
	0	2	4	6	8
Penggenangan Terus Menerus (Kontrol)	427.61	-	-	-	346.31
Muka Air Tanah 20 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	427.61	389.61	360.26	284.09	259.45
- Pengeringan 6 Minggu		427.61	389.61	360.26	284.09
- Pengeringan 4 Minggu			427.61	389.61	360.26
- Pengeringan 2 Minggu				427.61	389.61
Muka Air Tanah 40 cm					
- Pengeringan 8 Minggu	427.61	407.61	387.67	342.61	348.64
- Pengeringan 6 Minggu		427.61	407.61	387.67	342.61
- Pengeringan 4 Minggu			427.61	407.61	387.67
- Pengeringan 2 Minggu				427.61	407.61

Hal sebaliknya terjadi semakin lama pengeringan kadar sulfat semakin menurun. Hal ini diduga disebabkan oleh mobilitas anion sulfat yang tinggi, sebagaimana ditunjukkan dalam deret liotrofik (Bolt *dalam* Tan, 1982), yakni :



Anion SiO_4^{4-} dan PO_4^{3-} diadopsi sangat kuat, sementara itu anion SO_4^{2-} dan NO_3^- diadopsi sangat lemah atau sering tidak diadsorpsi. Kedudukan ion SO_4^{2-} yang sangat labil ini menyebabkan sedemikian rupa sehingga mengakibatkan distribusi sulfat di dalam tanah sulfat masam menjadi tidak menentu. Pada lapisan-lapisan atas sering didapatkan pH tanah rendah namun kadar sulfat larutnya tetap masih rendah. Di sisi lain sampai perlakuan lama pengeringan selesai dilaksanakan, diduga air kapiler dengan sulfat terlarut di dalamnya belum naik mendekati permukaan tanah. Dengan demikian hasil analisis sulfat yang mengambil contoh tanah didekat permukaan tanah (0–10 cm) menjadi menurun dengan semakin lamanya pengeringan.

Menurut Dent (1986) perilaku sulfat berbeda dengan besi. Sebagian besi yang dimobilisasikan melalui oksidasi pirit tetap tinggal di dalam profil, sedangkan sulfat yang tertinggal sebagai jarosit atau gipsum hanya sedikit. Sebagian besar belerang terlarut dan terdifusi ke lapisan tanah lebih dalam. Berkaitan dengan oksidasi bahan pirit, banyak sekali jenis mineral sulfat yang dapat ditemukan. Seperti telah dikemukakan oleh

Bloomfield dan Coulter (1973), adanya penurunan sulfat larut dapat terjadi bila dalam oksidasi pirit terbentuk ferrisulfat. Hasil analisis Van Bemmelen *dalam* Van Breemen (1976) terhadap karatan kuning pada tanah-tanah sulfat masam, menunjukkan bahwa mineral-mineral tersebut ternyata tersusun oleh sulfat (SO_4^{2-}) seperti : jarosit, natrojarosit, karposiderit, hidronium jarosit. Selanjutnya Dent (1986) menyatakan, pada tanah sulfat masam mineral sulfat yang sering ditemukan adalah gypsum yang terbentuk melalui penetralan keasaman oleh kalsium karbonat.

Menurut Van Breemen (1973) mineral-mineral sulfat, begitu terbentuk akan segera diendapkan. Kristal yang berukuran beberapa cm dapat terbentuk dalam kurun waktu hanya beberapa minggu.

Pada akhirnya terbentuknya berbagai macam mineral sulfat dalam proses oksidasi pirit, akan menyebabkan menurunnya kadar sulfat yang dapat terekstrak, terutama sulfat yang dapat terekstrak oleh air. Kemampuan air untuk mengekstrak mineral-mineral tersebut, diduga relatif lebih lemah dibandingkan dengan pengestrak lain, sehingga hasil pengukuran sulfat larut juga rendah.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin lama pengeringan dan semakin dalam permukaan air tanah, maka semakin jelas terjadi penurunan pH tanah dan besi ferro. Pada beberapa cm lapisan teratas kadar sulfat larut juga menurun.
2. Semakin lama pengeringan dan semakin dalam permukaan air tanah, maka semakin jelas terjadi peningkatan kadar besi ferri dan Al-dd.

Saran

Pada tanah berpotensi sulfat masam dengan lapisan pirit pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah dan muka air tanah 20 cm di bawah lapisan pirit, disarankan agar periode pengeringan tidak lebih dari 4 minggu. Hal ini untuk mencegah munculnya unsur-unsur beracun yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih peneliti sampaikan kepada SWAMP Development Project di bawah naungan Dinas Tanaman Pangan, atas dukungan dana sehingga kegiatan ini bisa berjalan sesuai rencana. Kepada Dewan Redaksi Jurnal "Udayana Mengabdi", atas kesempatannya memberikan ruang dan waktu untuk dimuatnya tulisan ini. Demikian juga kepada semua pihak yang telah mendukung kegiatan ini, sehingga berlangsung dengan baik, penulis ucapkan terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Bloomfield , C. and J. K. Coulter. 1973. Genesis and management of acid sulphate Soil. *Advances in Agronomy* 25 p. 265 – 326.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils: a base line for research and development. Publ. 39 ILRI, Wageningen.
- Sudarsono, 1991. Pemikiran tentang penelitian komponen agro-hara di proyek penelitian pertanian lahan pasang surut dan rawa swamps-II. Prosiding Seminar Penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa SWAMPS II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Suryanto, W. J., Syaiful Bachri, Basuni. Hw., dan Soekardi. 1991. Penelitian tanah di daerah pasang surut Karang agung Tengah, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Prosiding Seminar penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa I. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Tan. K.H. 1982. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York and Basel. P. 267.
- Van Breemen, N. 1973. Soil forming process in acid sulphate soils pp. 66 – 128. In H Dost ed. Acid Sulphate Soils. Proc. Int. Sym. Acid Sulphate Soil, a literature review. First Asean Soil Conference, Bangkok.
- _____, 1976. Genesis and solution chemistry of acid sulphate soil in Thailand. Center for agricultural Publ. And Documentation. Wageningen.
- Widjaya-Adhi, IP. G, Didi, A.S., I. G. M. Subiksa. 1991. Pengaruh drainase dan kedalaman pengupasan gambut terhadap beberapa sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi. Prosiding Seminar Penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa

SWAMPS II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.