

Peran Bahan Organik untuk Memperbaiki Sifat Marginal Tanah Sulfat Masam

The Role of Organic Matter to Improve the Marginal Properties of Acid sulphate Soils

Arifin Fahmi^{1*)} dan Niluh Putu Sri Ratmini²

¹Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatra Selatan

^{*)}Korespondensi : Tep. 085330118888

Email : Fahmi.nbl@gmail.com

ABSTRACT

Acid sulphate soils has an important role in the stability of ecosystems in swamplands. Mismanagement may increase soil and water acidity, metal and dissolved phosphate concentration in waters of surrounding environment. On the other hand, organic matter application as a resolve problem for acid sulphate soil may have positive or negative impact, organic matter applications may trigger increasing of soil and water acidity, solubility of iron and dissolved phosphate in waters and carbon emissions. This review elaborates information about organic matter role on acid sulphate soil properties to prevent or mitigate the negative impacts of organic matter application. The literature study indicate that the key role of organic matter application on acid sulphate soil properties is largely determined by quality and quantity of organic matter, the specific properties of soil, hydrological condition and methods of organic matter application or management.

Key words: acid sulphate soil, organic matter, and soil chemical properties

ABSTRAK

Tanah sulfat masam memiliki peran penting dalam kestabilan ekosistem di lahan rawa. Pengelolaan tanah sulfat masam yang kurang tepat dapat menyebabkan meningkatnya kemasaman tanah dan air, meningkatnya kadar logam serta kadar posfat terlarut di perairan sekitar lahan rawa. Pemberian bahan organik sebagai salah satu teknologi perbaikan tanah sulfat masam tidak hanya berdampak positif bagi tanah tetapi juga dapat membawa dampak negatif. Dampak aplikasi bahan organik yang kurang tepat dapat berupa peningkatan kemasaman tanah dan air, peningkatan kelarutan besi dan posfat terlarut di perairan bahkan peningkatan emisi karbon. Review ini memaparkan peran kunci bahan organik terhadap beberapa sifat geokimia tanah sulfat masam untuk mencegah atau mengurangi dampak negatifnya bagi lingkungan sekitar lahan rawa. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa peran kunci bahan organik terhadap sifat geokimia tanah sulfat masam sangat ditentukan oleh kualitas dan kuantitas bahan organik, sifat spesifik tanah sulfat masam dan kondisi hidrologis lahan serta cara pengelolaannya atau cara aplikasinya.

Kata kunci: bahan organik, tanah sulfat masam, sifat kimia tanah

PENDAHULUAN

Luas tanah sulfat masam di Indonesia mencapai 6,7 juta ha (Noor, 2004), luasan ini terus bertambah seiring dengan hilangnya lapisan gambut pada lahan gambut yang memiliki substratum bahan sulfidik. Sumberdaya alam ini memiliki potensi yang besar untuk dapat digunakan sebagai lahan pertanian yang produktif. Disisi lain, tanah sulfat

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

masam memiliki sifat marginal seperti pH tanah yang rendah, kandungan besi yang tinggi dan kandungan hara yang rendah. Beberapa teknologi yang telah terbukti dapat memperbaiki serta meningkatkan kualitas tanah sulfat masam antara lain pengelolaan air, penataan lahan, pemanfaatan bahan organik, pengapuran dan penggunaan varietas unggul adaptif.

Tanah sulfat masam adalah tanah-tanah yang mengandung mineral sulfida atau dipengaruhi oleh perubahan secara geokimia atau biokimia dari mineral sulfida. Tanah tersebut dapat mengandung bahan sulfurik atau memiliki potensi terbentuknya asam sulfat dalam jumlah yang dapat mempengaruhi sifat utama tanah (Dent, 1986; Dent dan Pons, 1995; Fitzpatrick *et al.*, 2009). Sulfur di tanah sulfat masam dapat sebagai senyawa yang tereduksi atau teroksidasi, secara umum mineral sulfur yang terdapat dalam bahan tanah sulfat masam dikelompokkan menjadi : bahan sulfurik, bahan sulfidik dan bahan mono sulfidik (Fitzpatrick *et al.*, 2009). Bahan sulfidik terbentuk pada kondisi yang reduktif, dimana terdapat sulfat terlarut, besi yang reaktif serta bahan organik sebagai sumber energi bagi bakteri heterotrops (Berner, 1984; Fitzpatrick *et al.*, 2009). Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan tersebut adalah pH tanah, konsentrasi besi, suhu bahan organik dan bakteri serta tekstur tanah (van Breemen, 1972).

Pirit stabil dalam kondisi yang tergenang, ketika teroksidasi maka akan terjadi pelepasan sumber kemasaman dan beberapa unsur logam ke larutan tanah, mengakibatkan penurunan kualitas tanah dan lingkungan sekitarnya. Telah umum diketahui bahwa tanah sulfat masam memiliki ciri ; pH tanah yang sangat masam, ketersediaan unsur hara yang rendah serta memiliki kadar kelarutan unsur meracun yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan hanya sedikit komoditas pertanian yang mampu berproduksi optimum jika ditanam di tanah sulfat masam.

Kemasaman tanah sebagai salah satu faktor utama yang menyebabkan rendahnya daya dukung tanah terhadap tanaman merupakan hal utama yang harus dapat di atasi agar tanah sulfat masam mampu menjadi media yang baik untuk meningkatkan produksi tanaman. Menurut Das dan Das (2015) beberapa pendekatan yang dapat dilakukan untuk mereklamasi tanah sulfat masam adalah sebagai berikut :

1. Mencegah atau menghindari (Avoidance) teroksidasinya bahan sulfidik
2. Meminimalisasi gangguan (minimisation of disturbance) terhadap lapisan tanah yang mengandung bahan sulfidik.
3. Netralisasi (Neutralization) dampak dari teroksidasinya bahan sulfidik, misalnya melakukan pengapuran.
4. Menggenangi kembali (Re-flooding), mencegah atau mengurangi terjadinya oksidasi pirit yang telah terjadi dan menetralsasi dampak dari teroksidasinya bahan sulfidik.
5. Menggenangi dengan air laut (Sea water re-flooding),
6. Bioremediasi
7. Penggenangan berselang (Flooding and intermitent flooding)
8. Pengelolaan tinggi muka air tanah (Water table management)

Walaupun demikian dapat disimpulkan bahwa prinsip dasar untuk mereklamasi ataupun memperbaiki kondisi tanah sulfat masam adalah mengurangi oksidasi pirit dan untuk menetralsasi atau mencuci kemasaman yang telah terjadi. Secara praktis dan teoritis, oksidasi pirit hanya dapat dihentikan dengan cara menghentikan suplai oksigen, yaitu dengan cara menggenangi atau menutupinya, ataupun jika oksidasi pirit disebabkan oleh ion Fe^{3+} maka dapat dilakukan dengan mengurangi laju produksi Fe^{3+} , yaitu melalui pemberian amelioran yang memiliki kemampuan mengkompleks Fe^{3+} .

PERAN BAHAN ORGANIK TERHADAP PERUBAHAN SIFAT KIMIA TANAH SULFAT MASAM

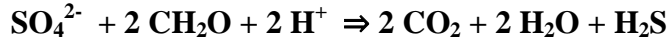
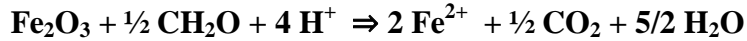
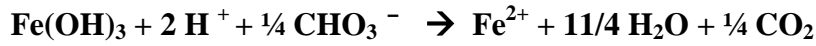
Salah satu tindakan mengurangi atau mencegah dampak negatif dari teroksidasinya bahan sulfidik lainnya adalah dengan menggunakan bahan organik (Yuan *et al.*, 2016), bahan ini relatif lebih efektif karena bersifat ekonomis, ramah lingkungan dan mudah diadopsi oleh petani. Aplikasi bahan organik dapat menghambat teroksidasinya bahan sulfidik melalui peningkatan konsumsi oksigen oleh mikroba dekomposer bahan organik, pembentukan kompleks bahan organik-besi serta terjadinya kristal pirit yang diselimuti oleh bahan organik (Bronswijk *et al.*, 1993; Bush dan Sullivan, 1999; Rigby *et al.*, 2006; Ward *et al.*, 2004). Terhambatnya oksidasi bahan sulfidik melalui peningkatan konsumsi oksigen oleh mikroba dekomposer terjadi karena adanya kompetisi penggunaan oksigen oleh mikroba untuk mendekomposisi bahan organik dengan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi pirit secara langsung. Adanya kandungan asam organik dalam bahan organik yang memiliki muatan negatif besar menjadikan bahan organik menjadi salah satu bahan yang efektif menurunkan raktifitas ion logam seperti Fe.

Secara detil, efektivitas pemanfaatan bahan organik untuk memperbaiki tanah sulfat masam perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu; tekstur tanah dan jenis mineral, pH tanah dan konsentrasi elektron kompetitor. Klei dapat mengurangi efektivitas aplikasi bahan organik melalui pembentukan ligan dan jembatan kation, jembatan antar lapisan mineral klei serta pembentukan agregat tanah (Lutzow *et al.*, 2006).

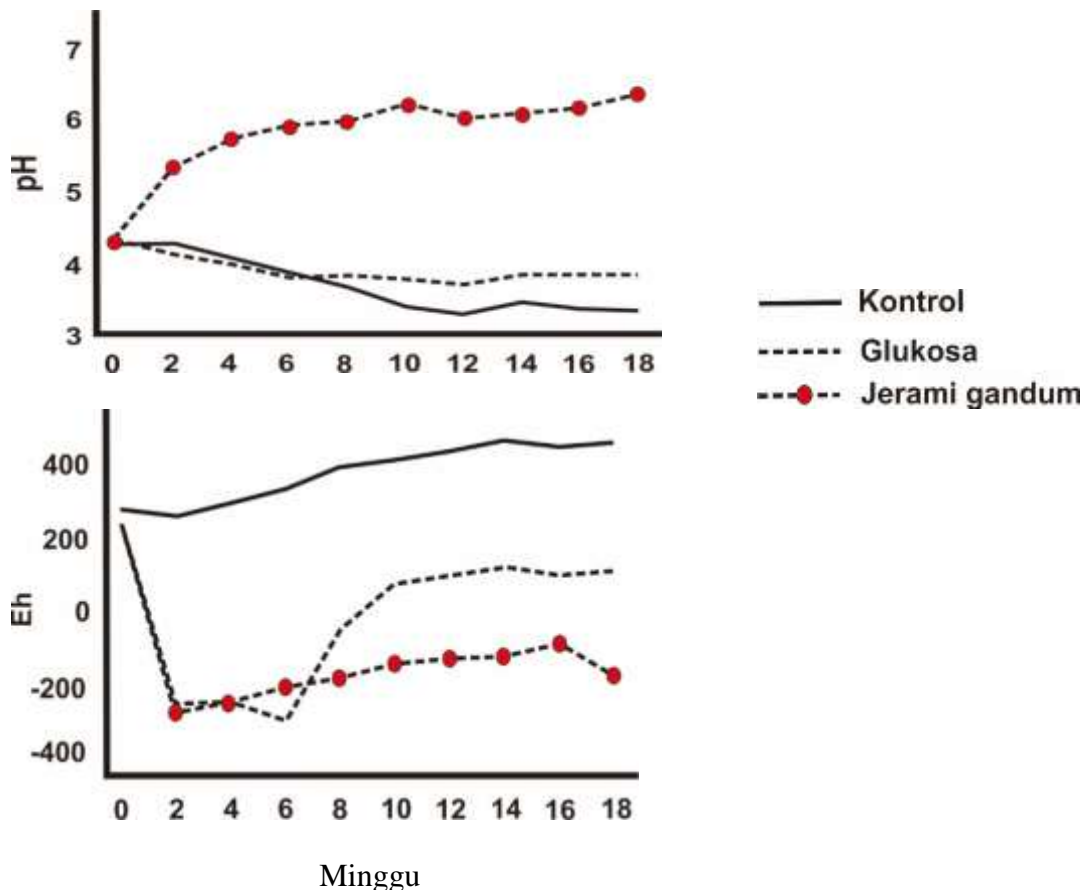
Peran bahan organik pada perubahan pH tanah sulfat masam

Bahan organik berperan dalam menekan terjadinya oksidasi bahan sulfidik. Dalam konteks tanah sulfat masam, bahan organik mempunyai fungsi untuk menurunkan atau mempertahankan suasana reduksi karena dapat mempertahankan kebasahan tanah sehingga oksidasi pirit dapat ditekan. Penekanan terhadap oksidasi pirit ini penting artinya bagi pertumbuhan tanaman yang peka terhadap peningkatan kemasaman dan kadar unsur-unsur seperti Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} serta sulfida dan asam-asam organik lainnya. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa pemberian mulsa bahan organik pada permukaan tanah telah mampu mencegah teroksidasinya bahan sulfidik atau pemasaman akibat bahan sulfurik melalui pengkondisian tanah yang reduktif dan proses penyanggaan (Cook *et al.*, 2004; Baldwin dan Fraser, 2009; Fitzpatrick *et al.*, 2009) serta teroksidasinya senyawa sulfida dalam larutan tanah (Michael *et al.*, 2016b) ataupun mendorong lebih tereduksinya sulfat (Jayalath *et al.*, 2016). Selain itu, bahan organik adalah sumber energi bagi bakteri pereduksi sulfat, memiliki peranan penting dalam pembentukan bahan sulfidik dan menghasilkan alkali (bikarbonat) selama reduksi sulfat. Bahan organik dapat mempengaruhi oksidasi pirit melalui konsumsi oksigen oleh mikroorganisme dekomposer, pembentukan kompleks dengan Fe, dan menyelimuti pirit. Bahan organik dapat juga menjadi penyangga dari keasaman yang dihasilkan saat oksidasi pirit.

Jika tanah sulfat masam terdrainase, bahan sulfidik akan teroksidasi sehingga selama proses tersebut dan kondisi instabilitas bahan sulfurik akan menghasilkan kemasaman tanah. Bahan organik yang diberikan ke tanah sulfat masam dapat berperan sebagai penyangga terhadap kemasaman tanah yang dihasilkan dari oksidasi bahan sulfidik ataupun akibat instabilitas bahan sulfurik tersebut. Dent (1986) ; Michael *et al.* (2016) bahwa bahan organik dapat mendorong kondisi yang lebih reduktif, terjadinya reduksi besi dan sulfat dalam tanah sehingga terjadi peningkatan pH, Konsten *et al.* (1990) menunjukkan persamaan reaksi reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} oleh bahan organik yang dapat meningkatkan pH tanah :



Bahan organik memiliki peranan penting terhadap reaksi redoks dalam tanah. Bahan organik dapat menjadi faktor utama yang menentukan perubahan pH tanah sulfat masam sebagaimana dilaporkan oleh Sarwani *et al.* (2006) proses penggenangan tanah sulfat masam dapat saja tidak menyebabkan peningkatan pH tanah walaupun tersedia cukup Fe^{3+} oksida, hal ini disebabkan bahan organik yang diberikan ke tanah sebelumnya memiliki kualitas yang rendah. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa kualitas bahan organik memiliki peranan penting terhadap peningkatan pH tanah sulfat masam (Yuan *et al.*, 2015; Yuan *et al.*, 2016), sebelumnya Dang *et al.* (2015) menyatakan bahwa aplikasi bahan organik yang berbeda-beda kualitasnya menyebabkan perbedaan pH tanah sulfat masam. Bahan organik yang relatif mudah terdekomposisi akan menyebabkan tanah lebih tereduksi (Fahmi dan Sarwani, 2013), pemberian bahan organik yang memiliki C/N rendah–sedang dapat menyebabkan peningkatan pH tanah selama penggenangan dan mempertahankan nilai pH tanah walaupun pada kondisi yang lebih oksidatif (Jayalath *et al.*, 2016a; Jayalath *et al.*, 2016b; Yuan *et al.*, 2016). Bahan organik yang diberikan pada kondisi anaerob akan menyebabkan meningkatnya aktifitas mikrobia tanah, yang secara tidak langsung dapat menurunkan kadar oksigen, sehingga terjadi penurunan redoks potensial tanah (Michael *et al.*, 2015; Jayalath *et al.*, 2016a).



Gambar 1. Nilai pH dan redoks tanah akibat pemberian glukosa dan beberapa jenis bahan organik (Jayalath *et al.*, 2016a).

Bahan organik mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat fisik maupun kimia tanah sulfat masam. Berbeda dengan fakta-fakta yang dijelaskan sebelumnya, keberadaan

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISBN : 978-979-587-748-6

asam organik yang terkandung dalam bahan organik dapat menurunkan pH tanah, menurut Tan (1997), asam asetat juga memiliki pengaruh keasaman terhadap tanah melalui pelepasan asam-asam organik ke larutan tanah. Pemberian bahan organik dapat menyebabkan penurunan pH tanah (Kongchum, 2005; Fahmi *et al.*, 2009). Akibat buruk dari aplikasi bahan organik dengan kualitas rendah ini dapat menyebabkan penurunan jumlah anakan padi.

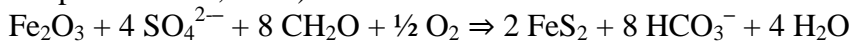
Gambar 2. Dinamika perubahan pH tanah akibat pemberian jerami padi (B 1) dan tanpa pemberian jerami padi (B 0) pada tanah sulfat masam yang selalu diberikan jerami padi (T 2) dan tidak pernah diberikan jerami padi sebelumnya (T 1) (Fahmi *et al.*, 2010).

Pengelolaan bahan organik di tanah sulfat masam memegang peranan penting. Walaupun pada umumnya kadar bahan organik di tanah sulfat masam tinggi, khususnya yang berasosiasi dengan gambut tetapi pada beberapa tempat kadar bahan organik mengalami kemerosotan karena mengalami pembakaran, perombakan secara alamiah, terangkut melalui hasil panen atau tererosi. Hal yang perlu diperhatikan dalam aplikasi bahan organik ke tanah sulfat masam dalam perspektif menanggulangi kemasaman tanah adalah tingkat perombakan atau kualitas bahan organik dan jumlah bahan organik yang diberikan, menurut Kölbl *et al.*, (2017) bahan organik yang agak sukar terdekomposisi dapat menurunkan laju peningkatan pH tanah yang digenangi, lebih jauh dilaporkan bahwa aplikasi bahan organik yang relatif mentah dapat menurunkan pH tanah sulfat masam (Fahmi dan Sarwani, 2013). Selain itu pengaruh BO tersebut juga ditentukan oleh kadar pirit dalam tanah (Yuan *et al.* 2016).

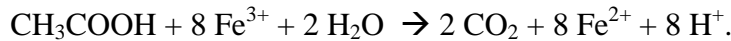
Peran bahan organik terhadap kelarutan Fe tanah sulfat masam

Tanah sulfat masam adalah tanah yang banyak mengandung besi sulfida, senyawa ini terbentuk pada kondisi yang sangat reduktif dan lingkungan yang kaya bahan organik (Dent, 1986). Selama proses pembentukan pirit, bahan organik berperan sebagai sumber energi bagi bakteri pereduksi sulfat, Janjirawuttikul *et al.* (2010) melaporkan bahwa ketersediaan bahan organik menjadi faktor penghambat pembentukan pirit. Bahan organik yang berperan dalam reaksi pembentukan pirit adalah bahan organik yang dapat didekomposisi, sebaliknya bahan organik yang telah terdekomposisi atau terhumifikasi lanjut dapat membatasi pembentukan pirit. Beberapa senyawa organik sederhana antara lain yang dapat dikaitkan dalam reduksi sulfat yang selanjutnya dapat berperan dalam pembentukan pirit antara lain asetat, format, propionat dan laktat. Dan jika reaksi yang

terjadi melibatkan Fe₂O₃ sebagai sumber Fe maka reaksi pembentukan pirit dapat digambarkan seperti dalam persamaan reaksi berikut (Bloomfield and Coulter, 1973; Fitzpatrick et al., 2009) :



Proses reaksi redoks besi sangat terkait dengan oksidasi bahan organik oleh mikroorganisme. Pada kondisi tereduksi, Fe³⁺ direduksi menjadi Fe²⁺, dalam kondisi tersebut bahan organik menjadi faktor penentu. Bahan organik dapat berperan meningkatkan proses reduksi atau menghambat proses reduksi melalui proses khelatisasi (Ye *et al.*, 2009), mencegah atau menghambat pembentukan mineral besi sekunder (Davranche *et al.*, 2013) atau mengganggu proses kristalisasi (Wilson *et al.*, 2013). Mempengaruhi bentuk, ukuran dan kerapatan mineral Fe-oksihidrooksida (Pedrot *et al.*, 2011). Peranan bahan organik terhadap besi sangat ditentukan oleh jenis dan tingkat dekomposisinya, semakin terdekomposisi maka kapasitas reduksi akan menurun karena kapasitas penyediaan elektron dari bahan organik juga menurun (De-Yin *et al.*, 2010). Asam asetat banyak dihasilkan pada tahap awal proses dekomposisi jerami padi di tanah tergenang, menurut Kyuma (2004) oksidasi asam asetat selalu bersamaan dengan reduksi Fe³⁺. Dalam perspektif ini, maka keberadaan bahan organik dapat berdampak negatif bagi tanaman karena meningkatkan kelarutan Fe²⁺ yang dapat meracuni tanaman pada konsentrasi tertentu.



Tabel 1. Konsentrasi Fe²⁺ dalam tanah sulfat masam pada empat waktu pengamatan akibat pemberian bahan organik .

Perlakuan bahan organik	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST
	mg kg ⁻¹			
Tanpa	253	390	1392	740
Ditambahkan	710	1314	4560	3887

Keterangan ; MST = minggu setelah tanam,
 Sumber : Fahmi (2008)

Keberadaan bahan organik di dalam tanah selain sebagai sumber energi bagi mikroorganisme pereduksi juga menentukan bentuk Fe yang dominan di dalam tanah. Besi yang bersifat amorf akan cenderung lebih mudah tereduksi dibandingkan mineral besi kristalin. Bahan organik akan mengganggu proses kristalisasi (Henneberry *et al.*, 2012; Wilson *et al.*, 2013), sebaliknya pada lingkungan yang rendah kadar bahan organik maka akan cenderung terbentuk mineral Fe kristalin (Reddy dan Delaune, 2008; Wilson *et al.*, 2013).

Bahan organik mengandung asam-asam organik yang mampu mengkhelat unsur-unsur meracun dalam tanah sehingga reaktifitas dan kelarutannya menjadi rendah pada tanah dan leachate di lahan sulfat masam (Dang *et al.*, 2016). Peranan ini muncul karena bahan organik mampu membentuk kompleks/ligand/menyelimuti kation logam seperti Fe di larutan tanah. Salah satu sumber muatan negatif tanah berasal dari bahan organik tanah, menurut Eltantawy dan Bavarez (1978) fraksi asam humat dapat mengandung sekitar 500 – 900 meq 100 g⁻¹ dan asam fulvat mengandung sekitar 1400 meq 100 g⁻¹ (total kemasaman). Senyawa humat dapat meningkatkan reaktifitas ataupun menurunkan reaktifitas mineral Fe, hal ini sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan seperti pH dan jenis mineral Fe (Weng *et al.*, 2008; Fahmi, 2011). Pengaruh keberadaan senyawa humat pada reaktifitas mineral Fe meningkat manakala proses yang terjadi berada pada kisaran pH yang rendah, yaitu ketika Fe cenderung bermuatan positif dan asam fulvat bermuatan negatif. Menurut Chen *et al.* (2014) interaksi antara Fe dan senyawa organik tanah akan menurunkan

reaktifitas Fe dan menurunkan readsorpsi Fe serta laju pelarutan Fe (Davranche *et al.*, 2013).

Adanya senyawa organik di larutan tanah mempengaruhi mobilitas Fe, menurut Tan (2008) ion Fe menjadi lebih *mobile* karena membentuk kompleks Fe-senyawa organik (Wolt, 1994; Krachler *et al.*, 2005). Senyawa organik adalah agen pembawa utama logam di dalam tanah (Weerd, 2000), dan menurut (Kolka, 2001) pergerakan logam di tanah organik sangat ditentukan oleh interaksinya dengan senyawa organik.

Peran bahan organik pada peningkatan ketersediaan hara tanah sulfat masam

Bahan organik mempunyai peranan yang penting di lahan rawa. Bahan organik dapat menjadi sumber hara, Jerami padi dapat mengandung (%) 0,5 – 0,8 N ; 0,07 – 0,12 P ; 1,2 – 1,7 K ; 0,05 – 0,10 S dan Zn (Dobermann dan Fairhurst, 2000). Gulma yang ada di tanah sulfat masam umumnya seperti purun (*Eleocharis* sp), bura-bura (*panicum repens*), kerisan (*Rhynchospora corymbosa*) memiliki kandungan 1.96 % N ; 0,68 % P dan 0,64 % K (Balittra, 2000). Ketersediaan unsur hara dari bahan organik tentunya dipengaruhi proses mineralisasinya. Bahan organik dengan rasio C / P > 300 atau kandungan P < 0,22 % akan menyebabkan proses imobilisasi hara P (Havlin *et al.*, 2005). Selain proses mineralisasi, peningkatan ketersediaan unsur hara dapat melalui pengaruh tidak langsung dari bahan organik seperti proses reduksi Fe³⁺-P menjadi Fe²⁺-P dan pengkkelatan logam dan sehingga menurunkan jumlah P yang difiksasi oleh Fe dan Al (Reddy and DeLaune, 2008).

Bahan organik memiliki peranan yang penting terhadap sifat biologi, fisika dan kimia tanah sulfat masam. Peranan tersebut salah satunya ditentukan oleh cara pengelolaannya, beberapa cara pengelolaan bahan organik antara lain dibakar, dikembalikan ke lahan dalam sisa panen atau kompos. Semua kegiatan tersebut memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap tanah ataupun tanaman.

Jerami dibakar

Menurut Dobermann dan Fairhurst (2000) membakar jerami dapat secara efektif meningkatkan ketersediaan unsur Kalium (K) karena jumlah K yang hilang relatif lebih kecil (20 % K hilang) pada proses tersebut, tetapi dengan melakukan pembakaran jerami menyebabkan semua unsur nitrogen (N) dan 25 % posfor (P) hilang. Selain itu pembakaran akan mengakibatkan perubahan sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Pada akhirnya terbakarnya lahan akan mengganggu ekosistem.

Jerami dikembalikan ke lahan

Menurut Dobermann dan Fairhurst (2000) setiap pengembalian 1 ton jerami akan mengembalikan 5 – 8 kg/ha N, 0,7 – 1,2 kg/ha P, dan 12 – 17 kg/ha K. Metode ini telah terbukti ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pengembalian bahan organik ke lahan dapat saja menurunkan kualitas tanah atau lebih jauh lagi menyebabkan penurunan hasil padi yang diperoleh karena rendahnya kualitas bahan organik yang diberikan. Jerami padi yang diberikan ke lahan sebelum pertanaman padi dimulai harus dalam kondisi yang sudah relatif terdekomposisi, hal ini karena pada kondisi tersebut jerami padi sudah dapat menjadi sumber hara dan memiliki pengaruh reduksi yang lebih kecil, hasil penelitian Jumberi *et al.* (2007) menunjukkan bahwa pemberian jerami sisa panen mampu meningkatkan hasil padi, dan peningkatan hasil terus terjadi karena perbaikan kondisi lingkungan tumbuh tanaman akibat secara terus menerus diberikan bahan organik, seperti perbaikan struktur tanah dan meningkatnya kandungan organik tanah.

KESIMPULAN

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISBN : 978-979-587-748-6

Bahan organik memiliki peranan yang penting dalam pengelolaan tanah sulfat masam. Pemberian bahan organik sering dikaitkan dengan upaya pengendalian logam-logam yang dapat bersifat meracun bagi tanaman dan peningkatan pH tanah, menjadi sumber unsur hara. Tetapi kenyataannya bahan organik juga dapat memasamkan tanah dan mendorong peningkatan kelarutan Fe^{2+} melalui proses reduksi Fe^{3+} . Agar diperoleh dampak positif dari pengelolaan bahan organik maka pemanfaatan bahan organik harus memperhatikan kualitas dan kuantitasnya, sifat spesifik tanah sulfat masam dan kondisi hidrologis lahan serta cara pengelolaannya atau cara aplikasinya. Bahan organik yang diberikan harus dalam kondisi yang relatif telah terdekomposisi lanjut (kompos) atau jika diberikan dalam kondisi mentah ke lahan maka waktu pertanaman padi sebaiknya menunggu kondisi bahan organik tersebut harus sudah mengalami dekomposisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada semua pihak yang memberikan dukungan dalam penulisan makalah ini, baik sebagai mitra konsultasi dan/atau saran..

DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, D.S. and M. Frasser. 2009. Rehabilitation of inland waterways impacted by sulfidic sediments-Asynthesis. *Journal of Environmental Management* 91: 311-319.
- Balittra. 2000. Laporan Tahunan. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Badan Litbang Pertanian. Banjarbaru. 300 p.
- Berner, R.A. 1984. Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48:605–615.
- Bloomfield, C., and J.K., Coulter. 1973. Genesis and management of acid sulfate soils. *Advances in Agronomy* 25: 239–265.
- Bronswijk J.J.B., K. Nugroho, and I.B. Aribawa. 1993. Modeling of oxygen–transport and pyrite oxidation in acid sulfate soils. *Journal of Environmental Quality* 22(3): 544–554.
- Bush, R.T. and L.A. Sullivan. 1999. Pyrite micromorphology in three Australian holocene sediments. *Soil Research* 37: 637-654.
- [Chen](#), C., [J.J. Dynes](#), [J. Wang](#), and [D.L. Sparks](#). 2014. Properties of Fe–organic matter associations via coprecipitation versus adsorption. *Environmental Science and Technology* 8 (23): 13751–13759.
- Cook, F.J., S.K.Dobos, G.D.Carlin, and G.E.Millar. 2004. Oxidation rate of pyrite in acid sulfate soils: Insitu measurements and modelling. *Australian Journal of Soil Research* 42: 499-507.
- Dang, T., L.M. Mosley, R. Fitzpatrick and P. Marschner. 2015. Organic materials differ in ability to remove protons, iron and aluminium from acid sulfate soil drainage water. *Water, Air and Soil Pollution* 226:357.
- Dang, T., L.M. Mosley, R. Fitzpatrick and P. Marschner. 2016. Organic materials retain high proportion of protons, iron and aluminium from acid sulphate soil drainage water with little subsequent release. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 23582–23592.
- Das, S.K. and S.K. Das. 2015. Acid sulphate soil: management strategy for soil health and productivity. *Popular Kheti* 3(2): 2-7.

- Davranche, M., V. Dia, M. Fakhri, B. Nowack, G. Gruau, G. Ona-nguema, P. Petitjean, S. Martin, and R. Hochreutener. 2013. Organic matter control on the reactivity of Fe(III)-oxyhydroxides and associated As in wetland soils: A kinetic modeling study. *Chemical Geology* 335: 24–35.
- Dent, D.L. 1986. *Acid Sulphate Soils. A baseline for research and development*. ILRI. Wageningen. Publ. No. 39 The Netherlands.
- Dent, D.L. and L.J. Pons. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67: 263–276.
- De-Yin, H., L. Zhuang, C. Wei-Dong, W. Xu, Z. Shun-Gui and L. Fang-Bai. 2010. Comparison of dissolved organic matter from sewage sludge and sludge compost as electron shuttles for enhancing Fe(III) bioreduction. *Journal of Soils and Sediments* 10: 722–729.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. *Rice : Nutrient Disorders and Nutrient Management*. IRRI. Makati city, The Phillipines.
- Eltantawy, M., dan M. Baverez. 1978. Structural study of humic acids by X-ray, electron spin resonance, and infrared spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal* 42: 903 – 905.
- Fahmi, A. 2008. Pengaruh Pemberian Bahan Organik Jerami Padi Terhadap Kehilangan Fosfat dan Ferro di Tanah Sulfat Masam. [Thesis]. Pascasarjana Pertanian. Universitas Gadjah Mada.
- Fahmi, A., B. Radjagukguk, and B.H. Purwanto. 2009. Kelarutan fosfat dan ferro pada tanah sulfat masam yang diberi bahan organik jerami padi. *Jurnal Tanah Tropika* 14 (2): 119–125.
- Fahmi, A., B. Radjagukguk, B.H. Purwanto and E. Hanudin. 2010. The role of peat layers on iron dynamics in peatlands. *Jurnal Tanah Tropika* 15 (3): 195–201.
- Fahmi, A. 2011. Dinamika jerapan permukaan kompleks Fe oksida-senyawa humat. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 5 (2): 75–82.
- Fahmi, A. dan M. Sarwani. 2013. Does rice straw application reduce iron concentration and increase rice yield in acid sulphate soil. In Husen E *et al.* (Eds.) *Proceeding of International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production*. Banjarmasin, 27–28 September 2012. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. P. 107 -114.
- Fitzpatrick, R.W., P. Shand and R.H. Merry. 2009. Acid Sulfate Soils In. Jennings J T (Ed.). *Natural History of the Riverland and Murraylands*. Royal Society of South Australia (Inc.) Adelaide, South Australia. p. 65 – 111.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to nutrient management*. Seventh Edition. Pearson Education Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Henneberry, Y.K., T.E.C. Kraus, P.S. Nico and W.R. Horwath. 2012. Structural stability of coprecipitated natural organic matter and ferric iron under reducing conditions. *Organic Geochemistry* 48: 81–89.
- Janjirawuttikul, N., M. Umitsu and P. Vijarnsorn. 2010. Paleoenvironment of acid sulphate soil formation in the Lower Central Plain of Thailand. *Research Journal of Environmental Science* 4(4): 336–358.
- Jayalath, N., R.W. Fitzpatrick, L. Mosley and P. Marschner. 2016a. Type of organic carbon amendment influences pH changes in acid sulfate soils in flooded and dry conditions. *Journal of Soils and Sediments* 16 (2): 518 – 526.

- Jayalath, N., R.W. Fitzpatrick, L. Mosley and P. Marschner. 2016b. Addition of organic matter influences pH changes in reduced and oxidised acid sulfate soils. *Geoderma* 262 : 125–132.
- Kölbl, A., P. Marschner, R. Fitzpatrick, L. Mosley, and I. Kögel-Knabner. 2017. Linking organic matter composition in acid sulfate soils to pH recovery after re-submerging. *Geoderma* , <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.07.031>
- Kongchum, M. 2005. Effect of Plant Residue and Water management Practices on Soil Redox Chemistry, Methane Emission and Rice Productivity. [Dissertation]. Graduate Faculty of the Louisiana State University. USA.
- Konsten, C.J.M., S. Suping, I B. Aribawa, and I P.G. Widjaja–Adhi. 1990. Chemical processes in acid sulphate soils in Pulau Petak, South and Central Kalimantan, Indonesia. In *Papers Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*. Bogor, 20–22 November 1990. AARD and LAWOO. p. 109–135.
- Krachler, R., F. Jirsa, and S. Ayromlou. 2005. Factors influencing the dissolved iron input by river water to the open ocean. *Biogeosciences* 2: 311–315.
- Kolka R.K., D.F. Grigal, E.A. Nater and E.S. Verry. 2001. Hydrologic cycling of mercury and organic carbon in a forested upland–bog watershed. *Soil Science Society of America Journal* 65: 897–905
- Kyuma, K. 2004. *Paddy Soil Science*. Kyoto University Press and Trans Pacific Press. Melbourne. Australia.
- Lutzow, M.V., I. Kogel-Knabner, K. Ekschmitt, E. Mazner, G. Guggenberger, B. Marschner and H. Flessa. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soil; Mechanism and relevance under different soil condition-a review. *European Journal of Soil Science* 57; 426-445.
- Michael, P.S., R.W. Fitzpatrick, and R. Reid. 2015. The role of organic matter in ameliorating acid sulfate soils with sulfuric horizons. *Geoderma* 255–256; 42–49.
- Michael, P.S., R.W. Fitzpatrick, and R. Reid. 2016. The importance of carbon and nitrogen for amelioration of acid sulphate soils. *Soil Use and Management* 32, 97–105.
- Noor, M. 2004. *Lahan Rawa.; Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Pedrot, M., A. Le Boudec, M. Davranche, A. Dia and O. Henin. 2011. How does organic matter constrain the nature, size and availability of Fe nanoparticles for biological reduction? *Journal of Colloid and Interface Science* 359 ; 75–85
- Pei, L.J. 1985. Amelioration of an acid sulfate soil in the Philippines. I. The effect of organic and inorganic matter amendments on rice growth and yield in an acid sulfate soil. *Philippines Journal of Crop Science*. 10 (1); 37 – 42.
- Reddy K.R. and R.D. DeLaune. 2008. *The Biogeochemistry of Wetlands; Science and applications*, CRC Press. New York, USA.
- Rigby, P.A., S.K. Dobos, F.J. Cook, and A. Goonetilleke. 2006. Role of organic matter in framboidal pyrite oxidation. *Science of the Total Environment* 36; 847–854.
- Sarwani, M., J. Shamshuddin, I. Fauziah, and M.A.H. Husni. 2006. Changes in iron–poor acid sulfate soil upon submergence. *Geoderma* 131 ; 110–122.
- Tan, K. H. 1997. Degradasi mineral tanah oleh asam organik. *Dalam* Huang P M and M Schnitzer. (Ed). *Interaksi Mineral Tanah dengan Organik Alami dan Mikroba*. Gadjah Mada University Press. P. 1 – 40.
- Tan K.H. 2008. *Soils in the Humid Tropics and Monsoon Region of Indonesia*. CRC Press, Taylor and Francis Group.

- Van Breemen, N. 1972. Soil forming processes in acid sulphate soils. In Dost H (Ed.), Proceeding of the International Symposium on Acid Sulphate Soils, 13–20 August 1972. Wageningen. p. 66–130.
- Ward N. ., L.A. Sullivan, and R.T. Bush. 2004. Soil pH, oxygen availability, and the rate of sulfide oxidation in acid sulfate soil materials: Implications for environmental hazard assessment. *Australian Journal of Soil Research* 42(5–6): 509–514
- Weng, L., W.H. Van Riemsdijk, and T. Hiemstra. 2008. Cu²⁺ and Ca²⁺ adsorption to goethite in the presence of fulvic acids. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72; 5857–5870.
- Weerd V.H.D. 2000. Transfort of Reactive Carriers and Contaminants in Groundwater Systems, A dynamic competitive happening. [Dissertation]. Wageningen University, The Netherland.
- Wilson, C.A., J.M. Cloy, M.C. Graham, and L.E. Hamlet. 2013. microanalytical study of iron, aluminium and organic matter relationships in soils with contrasting hydrological regimes. *Geoderma*. 202–203; 71–81.
- Wolt J.D. 1994. *Soil Solution Chemistry. Application to environmental science and agriculture*. John Willey & Sons, Inc.
- Ye, Y., C. V olker, and D. A. Wolf–Gladrow. 2009. A model of Fe speciation and biogeochemistry at the Tropical Eastern North Atlantic Time–Series Observatory site. *Biogeoscience*, 6; 2041–2061,
- Yuan, C., R. Fitzpatrick, L.M. Mosley, and P. Marschner. 2015. Sulfate reduction in sulfuric material after re–flooding: Effectiveness of organic carbon addition and pH increase depends on soil properties. *Journal of Hazardous Materials* 298; 138–145.
- Yuan, C., L.M. Mosley, R. Fitzpatrick, and P. Marschner. 2016. Organic matter addition can prevent acidification during oxidation of sandy hypersulfidic and hyposulfidic material: Effect of application form, rate and C/N ratio. *Geoderma* 276 ; 26–32.