

BAHAN ORGANIK: PERANANNYA DALAM BUDIDAYA TEBU BERKELANJUTAN

Organik Matter: It's Role in Sustainable Farming of Sugarcane

DJAJADI

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute
Jl. Raya Karangploso Km 4 PO Box 199 Malang - Indonesia
E-mail: jaydjajadi61@gmail.com

Diterima: 7 Maret 2015 ; Direvisi : 27 April 2015 ; Disetujui: 30 April 2015

ABSTRAK

Bahan organik tanah berperan penting dalam menentukan kesehatan tanah tebu, yaitu kapasitas tanah yang dapat mendukung produksi tebu yang tinggi secara berkelanjutan. Kadar bahan organik tanah mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Paper ini bertujuan untuk menguraikan tentang peranan bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah pertanaman tebu. Pentingnya peran bahan organik tersebut sudah disadari dari dulu, sehingga sebelum revolusi hijau penggunaan pupuk organik sudah umum dilakukan petani. Dengan semakin intensifnya budidaya tebu dan semakin meningkatnya kebutuhan gula, pemanfaatan pupuk organik sudah jarang dilakukan. Diperlukan usaha untuk meningkatkan dan mempertahankan kadar bahan organik pada lahan tebu, antara lain berupa gerakan masal dalam bentuk gerakan nasional melalui program aplikasi bahan organik. Pemanfaatan pupuk hijau dan/atau pupuk hayati berpeluang untuk diterapkan karena lebih praktis dan efisien daripada penambahan pupuk organik padat. Penelitian ke depan perlu difokuskan untuk mengkaji jenis-jenis pupuk organik dan pupuk hayati yang efektif memperbaiki kesuburan, dalam menekan serangan penyakit, meminimalkan erosi pada lahan-lahan tebu monokultur, dan meningkatkan kesadaran petani tebu tentang terjadinya degradasi lahan akibat penanaman tebu yang terus menerus.

Kata kunci: Bahan organik, tebu, kesehatan tanah, budidaya berkelanjutan

ABSTRACT

Organik matter has an important role in determining soil health of sugarcane, i.e. soil capacity to support sugarcane to produce sustainable high yield. Soil

organic matter influences soil physical, chemical, and biological properties, so that a consequence of declining soil organic matter is poorer soil fertility and lower yield. This paper has an objective to elucidate the important role of organic matter on sustainable farming of sugarcane. The important role of organic matter in soil fertility has been known for a long time before Green Revolution concept was introduced. With more intensity in sugarcane farming and more increasing of sugar demand, application of organic fertilizer started to be substituted by chemical fertilizer. Using green manure and/or biofertilizer has a chance to be spread out to the farmers due to more practical and more efficient than solid organik fertilizer, such as dung manure or compost. Future research should be focusing on the efectivity of green manure and or biofertilizer sources in improving soil fertility and cane yield, minimizing soil pathogen, reducing soil erosion of sugar cane land monoculture, and improving awareness of farmers about soil degradation as consequences of sugarcane monoculture planting for years.

Keywords: Organic matter, sugarcane, soil health sustainable farming

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini produktivitas tebu di Indonesia mengalami penurunan. Selama 10 tahun terakhir (2004-2013) rata-rata produktivitas hanya sebesar 5,65 ton/ha gula hablur, yaitu mengalami penurunan sekitar 12% dari rata-rata produktivitas pada kurun waktu 1969-1979 yang mencapai 6,38 ton/ha (Pusat Data dan Informasi Pertanian, 2014). Beberapa peneliti melaporkan bahwa terjadinya penurunan produktivitas tebu

sebagai akibat dari degradasi lahan, yang ditandai dengan menurunnya kandungan bahan organik tanah (Bell *et al.*, 2007; Galdos *et al.*, 2009, Yadav *et al.*, 2009).

Penanaman tebu yang terus menerus dengan sistem ratoon telah menurunkan kandungan bahan organik tanah sampai separuh dari kandungan bahan organik tanah yang belum pernah diolah lahan tebu yang berlokasi di Queensland, Australia (Wood, 1985). Menurunnya kandungan bahan organik tanah berpengaruh negatif terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang merupakan penyebab utama dari penurunan produksi tebu (Garside, 1997; Speir *et al.*, 2004). Oleh karena itu usaha untuk mempertahankan dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah merupakan tujuan objektif dalam menciptakan sistem budidaya tebu yang berkelanjutan.

Elemen yang dianggap paling penting dalam pertanian yang berkelanjutan adalah kesehatan tanah (*soil health*) atau kualitas tanah (*soil quality*) (Acton and Gregorich, 1995; Warkentin, 1995). Kesehatan tanah yang optimal tersebut tergantung pada keseimbangan antara kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah (Abbott and Murphy, 2003), dan keseimbangan sifat-sifat tersebut antara lain ditentukan oleh kandungan bahan organik tanah.

Perubahan dari faktor-faktor yang terkait dengan kesehatan tanah telah banyak diulas secara intensif (Guerif *et al.*, 2001; Dani dan Ghezzehei, 2002; Mrabet, 2002; Zentner *et al.*, 2002). Namun demikian ulasan tersebut lebih banyak difokuskan pada pengaruh dari

pengolahan tanah terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Paper ini menguraikan tentang peranan bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah pertanaman tebu. Uraian diawali dengan ulasan tentang kesehatan tanah dan dilanjutkan dengan bahasan tentang pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah.

KESEHATAN TANAH UNTUK BUDIDAYA TEBU

Pengaruh Budidaya Tebu Pada Kesehatan Tanah

Pengelolaan lahan yang hanya difokuskan untuk memperoleh produksi yang tinggi telah menimbulkan masalah degradasi lahan yang diindikasikan dengan penurunan beberapa indikator parameter kesehatan tanah (Wienhold *et al.*, 2004). Pengolahan tanah yang intensif telah menurunkan stabilitas agregat (Pagliai *et al.*, 2004), meningkatkan erosi (Basic *et al.*, 2004), meningkatkan emisi gas (Lal, 2004), dan menurunkan kadar bahan organik tanah (Diekow *et al.*, 2005; Sainju *et al.*, 2005). Menurunnya kesehatan tanah dapat menurunkan produksi dan memunculkan isu kesehatan lingkungan seperti pemanasan global (Rees *et al.* 2005; Schulze dan Freibauer, 2005), terjadinya akumulasi residu bahan kimia di lapisan dalam tanah dan menimbulkan pencemaran pada sumber air tanah (Prunty dan Greenland, 1997).

Dengan membandingkan lahan yang sudah ditanami tebu selama bertahun-tahun dengan lahan yang baru ditanami tebu 1-2 tahun,

Tabel 1. Kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah pada lahan tebu Queensland Utara, Australia (Pankhurst *et al.*, 2003)

Sifat tanah	Kedalaman (cm)	Tanah selama 1-2 tahun ditanami tebu	Tanah selama bertahun-tahun ditanami tebu
Kepadatan tanah (g cm ⁻¹)	0-7	1,31	1,49
Porositas (%)	0-7	50,6	44,36
pH	0-10	5,2	5,0
C-organik (%)	0-10	1,50	0,70
Ca dapat ditukar (meq %)	0-10	3,28	1,52
Mg dapat ditukar (meq %)	0-10	1,41	0,73
KTK (meq %)	0-10	5,63	3,7
P tersedia (mg kg ⁻¹)	0-10	14	35
Biomasa mikrobial (mg C g ⁻¹ tanah)	0-10	591	357

Pankhurst *et al.* (2003) menyajikan bukti terjadinya penurunan kesehatan tanah, yang ditandai dengan menurunnya kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah (Tabel 1).

Dari Tabel 1 diketahui bahwa penurunan kesuburan fisik ditandai dengan meningkatnya kepadatan tanah dan menurunnya porositas total tanah, sehingga tentunya akan membatasi pertumbuhan dan perkembangan akar tebu. Berkurangnya kesuburan kimia tanah ditunjukkan oleh penurunan kadar bahan organik tanah, kadar Ca dan Mg tersedia, sehingga nilai kapasitas tukar kation juga menjadi menurun, yang akhirnya akan mengurangi kadar unsur hara yang tersedia bagi tanaman tebu. Sedangkan terjadinya degradasi kesuburan biologi diindikasikan dengan menurunnya jumlah biomasa mikrobia tanah, sehingga menurun pula perannya dalam merombak unsur hara dan bahan organik dalam proses siklus hara.

Meningkatkan dan mempertahankan kesehatan tanah dalam budidaya tebu sangat penting dilakukan untuk memperoleh kapasitas produksi tinggi yang berkelanjutan. Dengan memantau dinamika parameter kesehatan tanah akan diperoleh strategi yang efektif dan efisien dalam sistem budidaya tebu berkelanjutan. Oleh karena itu merupakan suatu tantangan untuk mengembangkan pengelolaan lahan yang dapat menyeimbangkan antara usaha untuk meningkatkan produksi tanaman dan meningkatkan serta mempertahankan kesehatan lingkungan (Doran dan Zeiss, 2000). Salah satu strategi untuk memperoleh keseimbangan antara produksi tanaman dan kesehatan tanah dapat dilakukan dengan penambahan dan konservasi bahan organik tanah.

Definisi Kesehatan Tanah dan Pengukurannya

Secara umum kesehatan tanah didefinisikan sebagai kapasitas tanah yang terus menerus berfungsi sebagai sumber alam yang vital untuk melestarikan produktivitas biologi dan mendukung kualitas air dan udara, serta mempertahankan kesehatan manusia, hewan dan tanaman (Doran dan Safley, 1997). Istilah kesehatan tanah secara luas digunakan dalam kaitannya dengan sistem pertanian

berkelanjutan, yaitu untuk menjelaskan kondisi kesuburan lahan atau kualitas tanah secara umum. Oleh karena itu sering istilah kesehatan tanah juga diartikan sebagai kualitas tanah (Doran dan Zeiss, 2000).

Dalam ekosistem, istilah kesehatan tanah sebenarnya tidak sama artinya dengan kualitas tanah (Chun-Juan *et al.*; 2013). Berdasarkan proses perubahan potensi yang terjadi dalam kurun waktu tertentu, kesehatan tanah menggambarkan tentang kondisi tanah dalam waktu yang relatif singkat, sedangkan kualitas tanah lebih mendeskripsikan kondisi alam yang statis dalam jangka waktu yang panjang (Carter *et al.*, 1997).

Istilah kualitas tanah umumnya dihubungkan dengan kesesuaian tanah untuk tujuan tertentu, sedangkan istilah kesehatan tanah digunakan dalam arti yang lebih luas untuk mengindikasikan kapasitas tanah dalam fungsinya sebagai sistem kehidupan yang vital (Doran dan Zeiss, 2000). Kesehatan tanah lebih menekankan pada komponen biotik, yang menggambarkan pentingnya menjaga populasi organisme tanah dan peranannya dalam siklus unsur hara dan kesuburan tanah (Anderson, 2003). Oleh karena kesehatan tanah merefleksikan aktivitas dan dinamika tanah berdasarkan fungsinya, sehingga cukup sulit menentukan standar kriteria kesehatan tanah. Namun demikian pengukuran kesehatan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan parameter sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Karlen *et al.* (2006) menyatakan bahwa metode Penilaian Pengelolaan Tanah (*The Soil Management Assessment Framework/SMAF*) dapat digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi kesehatan tanah, dan merupakan metode yang telah digunakan secara umum untuk menilai kualitas tanah.

Dalam budidaya tebu yang dilakukan dengan sistem keprasan (*ratoon*), tentunya dinamika parameter kesehatan tanah penting untuk terus dipantau secara berkala dalam upaya untuk mempertahankan kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah. Dengan mempertahankan kesuburan tanah, maka keberlanjutan budidaya tebu untuk memperoleh produksi dan rendemen yang tinggi dapat dipertahankan. Oleh karena indikator utama dari menurunnya kesuburan

tanah akibat penanaman tebu yang terus menerus adalah penurunan kadar bahan organik tanah, maka pengelolaan lahan yang didasarkan pada peningkatan dan konservasi kadar bahan organik tanah merupakan hal yang penting untuk mempertahankan kesehatan tanah lahan tebu.

Pengelolaan lahan tebu untuk meningkatkan dan mempertahankan kesehatan tanah juga perlu mempertimbangkan persyaratan kesesuaian lahan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman tebu. Berdasarkan pedoman dari Puslitanak (2003), kriteria kesesuaian lahan untuk budidaya tebu meliputi kesuburan kimia (yang antara lain diindikasikan dengan nilai KTK .16 cmol, pH 5,5 - 7,5, dan kejenuhan basa >50%), kesuburan biologi (dengan indikator kadar bahan organik lebih dari 0,4%), dan kesuburan fisika (ditentukan oleh parameter drainase yang baik, kedalaman tanah lebih 75 cm, dan erosi sangat rendah).

Struktur tanah merupakan faktor yang penting pengaruhnya terhadap kapasitas tanah dalam mendukung produksi, pemisahan karbon tanah, dan kualitas air tanah (Bronick dan Lal, 2005). Parameter kunci yang digunakan untuk mengukur struktur tanah adalah stabilitas agregat tanah (Six *et al.*, 2000). Agregat tanah merupakan hasil dari proses penyusunan, penggumpalan dan perekatan partikel-partikel tanah, yang dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, biomasa mikrobial, dan panjang hifa dari jamur mikoriza (Bronick dan Lal, 2005).

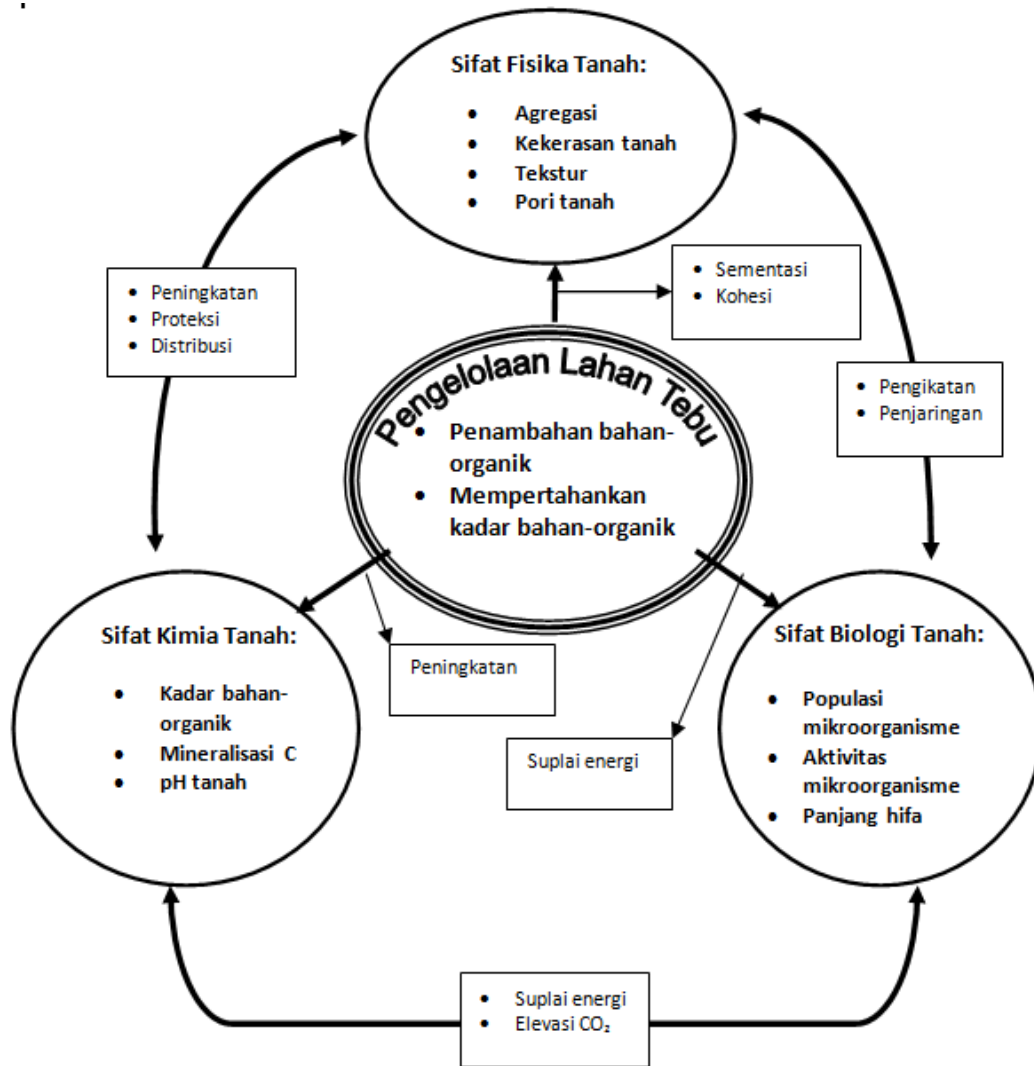
Penguatan ikatan partikel tanah atau stabilitas agregat dapat dianggap sebagai indikator paling penting bagi kesehatan tanah dalam budidaya tebu, karena pengaruhnya yang besar terhadap kesuburan fisik tanah (seperti kadar air tanah, kekerasan tanah, dan erosi), kesuburan kimia tanah (misalnya siklus unsur hara), dan kesuburan biologi tanah (contohnya aktivitas mikrobial tanah). Oleh karena itu meningkatkan stabilitas agregat tanah pada lahan tebu sangat penting dilakukan untuk memperbaiki kesuburan kimia dan biologi tanah, meningkatkan porositas tanah dan meminimalkan erodibilitas tanah (Bronick dan Lal, 2005).

PERANAN BAHAN ORGANIK PADA PERBAIKAN KESEHATAN TANAH

Salah satu strategi untuk meningkatkan stabilitas agregat tanah adalah dengan meningkatkan dan mengkonservasi kandungan bahan organik tanah (Djajadi *et al.*, 2012). Tentunya pengelolaan lahan tebu dengan cara menambahkan bahan organik akan berpengaruh terhadap kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah, serta terhadap interaksi dari ketiga parameter tersebut. Oleh karena itu pengelolaan lahan yang bertujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan kadar bahan organik tanah adalah sebagai usaha pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

Bahan organik berperan sebagai agen pengikat utama dari partikel-partikel tanah sehingga meningkatkan stabilitas agregat tanah (Tisdall and Oades, 1982). Penambahan bahan organik akan berpengaruh terhadap perubahan sifat fisik tanah (seperti agregasi tanah, kekerasan tanah, dan porositas) melalui proses sementasi, kohesi, dan pemindahan partikel tanah. Bahan organik bersama dengan partikel liat berperan sebagai bahan pengikat partikel tanah (*cementing agents*) dalam proses peningkatan stabilitas agregat tanah (Tisdall and Oades, 1982). Selanjutnya meningkatnya stabilitas agregat tanah akan berpengaruh terhadap kesuburan kimia tanah melalui proses peningkatan, proteksi dan distribusi bahan organik dan gas CO₂.

Bahan organik juga berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, sehingga dengan meningkatnya kandungannya dalam tanah juga akan berpengaruh terhadap meningkatnya populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah tersebut; yang selanjutnya akan dari aktivitas tersebut akan dihasilkan senyawa pengikat partikel tanah dan akhirnya akan dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah. Hubungan keterkaitan pengaruh antara sifat fisika, kimia dan biologi tanah sebagai akibat dari pemberian bahan organik dapat digambarkan dengan model sederhana seperti di Gambar 1.



Gambar 1. Model hubungan keterkaitan antara sifat fisik, kimia dan biologi tanah sebagai akibat dari penambahan bahan organik (Sumber: Djajadi, 2007 dimodifikasi)

Pengaruh Bahan Organik Terhadap Sifat Fisika Tanah

Sifat fisika tanah yang paling respon terhadap bahan organik tanah adalah struktur tanah, yang merupakan parameter penting dalam menentukan keberlanjutan sistem produksi tanaman dan resistensi tanah terhadap erosi. Penambahan atau mempertahankan kadar bahan organik tanah akan memperbaiki struktur tanah melalui beberapa mekanisme, yaitu: (1) Meningkatkan agregasi tanah, (2) Memproteksi

agregat tanah dari derasan air hujan atau gerusan air permukaan, dan (3) Mengurangi kekerasan tanah (Djajadi, 2006; Jacobs *et al.*, 2009). Oleh karena itu struktur tanah berperan penting dalam mengatur daya pegang air tanah, kapasitas infiltrasi air tanah, dan resistensi terhadap penetrasi akar (Neves *et al.*, 2003).

Bahan organik dan partikel liat berperan sebagai perekat partikel-partikel tanah untuk menyusun agregat tanah, sehingga tanah mempunyai struktur yang baik yang ditandai dengan kemandapan agregat tanah dan porositas

tinggi. Sifat fisika tanah tersebut memang penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan perakaran tebu, yang membutuhkan aerasi yang baik dan tidak tahan terhadap kelembaban tanah tinggi atau adanya genangan air di sekitar perakaran.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penanaman tebu secara terus menerus berpengaruh negatif terhadap sifat fisika tanah, seperti menurunnya stabilitas agregat tanah (Choudhury *et al.*, 2014), pengerasan tanah (Bangita dan Rajashekar Rao, 2012), berkurangnya porositas tanah yang pada akhirnya mengurangi ketersediaan air bagi tanaman (Aina, 1979). Pengaruh negatif terhadap sifat fisika tanah tersebut sebagai akibat dari menurunnya bahan organik tanah, yang memang perannya yang besar terhadap sifat fisik tanah (Neves *et al.*, 2003; Bell *et al.*, 2007).

Untuk memperbaiki dan mempertahankan sifat fisik tanah yang baik sebagai media pertumbuhan tebu, maka penambahan dan konservasi bahan organik penting dilakukan. Kadar bahan organik di dalam tanah dapat dipertahankan antara lain dengan memperlambat proses dekomposisinya (Paustian *et al.*, 1997). Bahan organik dalam tanah tersimpan dalam dua jenis, yaitu cadangan labil dan humus. Bahan organik labil mudah terurai dalam proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah, sedangkan humus lebih resisten sehingga menjadi sumber cadangan unsur C di dalam tanah (Oades, 1993). Oleh karena itu tanah yang berstruktur baik umumnya mengandung bahan organik yang tinggi.

Beberapa peneliti telah membuktikan peran bahan organik tanah dalam memperbaiki sifat fisik tanah. Pada penelitiannya di lahan tebu di Brazil, Aruda *et al.* (2015) membuktikan peran bahan organik tanah dalam memperbaiki struktur tanah, yaitu diindikasikan dengan korelasi yang positif antara kadar bahan organik tanah dan agregasi tanah serta kemantapan agregat tanah. Sebelumnya di India Shukla *et al.* (2008) melaporkan bahwa pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan agen hayati *Trichoderma viride* dan *Gluconacetobacter diazotrophicus* dapat meningkatkan porositas

tanah dan menurunkan kepadatan tanah serta meningkatkan hasil tebu ratoon sebesar 13%.

Pengaruh Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah

Pengaruh bahan organik tanah terhadap sifat kimia tanah melalui proses dekomposisi, mineralisasi, dan proteksi. Oleh karena itu bahan organik tanah berperan dalam siklus unsur hara dan penyimpanannya (Bronick dan Lal, 2005), khususnya unsur karbon dan nitrogen. Pada lahan tebu di Mexico, penanaman tebu secara terus menerus selama 20 tahun selain telah menurunkan kadar bahan organik tanah juga mengurangi cadangan unsur C dan N sebesar 25% pada kedalaman tanah 0-10 cm (Anaya dan Huber-Sannwald, 2015).

Beberapa peneliti melaporkan pengaruh penambahan bahan organik berpengaruh terhadap perbaikan sifat kimia tanah pada lahan tebu. Penambahan bahan organik kering 100 t/ha yang bersumber dari limbah pabrik gula meningkatkan kadar C total dan N total tanah, serta hasil tebu di Sudan (Elsayed *et al.*, 2008). Di India, Shukla *et al.* (2008) melaporkan bahwa penambahan bahan organik dikombinasikan dengan mikroorganisme penambat N *Gluconacetobacter diazotrophicus* dan *Trichoderma* spp. meningkatkan kadar C tanah sebesar 32% dan N total sebesar 27%, meningkatkan serapan unsur hara N, P dan K, sehingga dapat meningkatkan produksi gula sebesar 13% dan rendemen sebesar 12%. Di Ethiopia, penambahan kompos 15 ton/ha dan 46 kg N/ha dapat meningkatkan kadar C, N, P dan K tanah liat, serta produksi dan rendemen tebu (Thesome *et al.*, 2014). Pada lahan tebu di Malang Selatan, Jawa Timur, penambahan bahan organik berupa pupuk kandang, seresah tebu dan blotong dapat meningkatkan populasi cacing tanah dan mikroorganisme tanah (Nurhidayati *et al.*, 2012).

Pengaruh Bahan Organik Terhadap Sifat Biologi Tanah

Bahan organik tanah merupakan sumber energi bagi organisme tanah, sehingga populasi dan aktivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik. Organisme tanah

tersebut lebih suka memanfaatkan bahan organik yang mudah terdekomposisi daripada bahan organik yang lebih lama terdekomposisi (Ghani *et al.*, 2013). Peranan organisme tanah dalam mengurai sumber bahan organik tersebut akan meningkatkan ketersediaan cadangan kadar unsur hara, seperti C organik, N, P dan K, serta senyawa sederhana yang berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, seperti agregasi dan porositas tanah. Diperkirakan sebanyak $3,8 \times 10^4$ ribu ton per tahun total sisa tanaman di seluruh ekosistem global pertanian (Thangarajan *et al.*, 2013), namun sebagian besar setiap tahun sisa-sisa tanaman tersebut tertinggal di dalam tanah sebagai sumber makanan dan energi dari organisme tanah (Rochette dan Gregorich, 1998).

Penambahan bahan organik banyak dilaporkan dapat meningkatkan populasi organisme tanah dan aktivitasnya. Dengan menambahkan sisa-sisa tanaman jagung ke dalam tanah bertekstur lempung berdebu, Qiu *et al.* (2015) mencatat terjadinya peningkatan populasi mikroorganisme tanah dan emisi gas CO₂ dan N₂O yang mengindikasikan terjadinya peningkatan aktivitas mikroorganisme tersebut. Pada lahan tebu, pemberian bahan organik baik berupa pupuk hijau maupun pupuk organik meningkatkan populasi jamur dan bakteri serta aktivitas mikrobial, meskipun sedikit menekan pathogen tular tanah (Pankurst *et al.*, 2005).

Aplikasi Pupuk Organik dan Pada Lahan Tebu

Peranan pupuk organik dalam memperbaiki dan menjaga kesuburan lahan tebu sebenarnya sudah diketahui sejak lama. Di Indonesia, penggunaan pupuk organik sudah umum dilakukan oleh petani sebelum terjadinya Revolusi Hijau, karena pada waktu itu pupuk buatan atau an-organik belum tersedia (Simanungkalit *et al.*, 2006). Pada umumnya mereka menggunakan pupuk hijau sebagai sumber pupuk organik. Contohnya di Jombang dan Kediri, Jawa Timur, pada jaman penjajahan Belanda petani tebu sudah terbiasa menggunakan tanaman *Crotalaria juncea* sebagai pupuk hijau, dan di daerah tersebut tanaman *C. juncea* dinamakan kartok.

Pada awalnya, penanaman pupuk hijau dilakukan sebelum penanaman tebu atau ditanam setelah bongkar ratoon, sebagai tanaman penutup tanah, atau secara tumpang sari dengan tebu. Namun demikian dengan semakin meningkatnya kebutuhan gula, maka penggunaan lahan untuk penanaman tebu semakin intensif dengan menanam tebu monokultur pada lahan yang sama secara terus menerus. Dengan demikian tidak tersedia ruang dan waktu lagi untuk menanam pupuk hijau, dan kebutuhan unsur hara tanaman tebu dipenuhi dari pupuk buatan an-organik. Akibatnya terjadi degradasi kesuburan lahan, yang ditandai dengan menurunnya kadar unsur K tersedia, pengerasan tanah, laju infiltrasi semakin lambat, kadar air tanah berkurang, bahan organik tanah menurun, dan berat isi tanah meningkat (Schumann *et al.*, 2000), yang akhirnya akan mengurangi produksi dan rendemen tebu.

Untuk mengembalikan kesuburan lahan tebu mungkin penting dilakukan gerakan aplikasi masal yang diprogramkan dalam bentuk program nasional, yaitu dengan mengaplikasikan hasil-hasil penelitian dalam skala luas. Hal ini didasari atas pertimbangan bahwa sudah begitu banyak hasil-hasil penelitian tentang pengaruh positif bahan organik dalam memperbaiki kesuburan lahan tebu. Namun demikian para petani di sentra-sentra tebu lebih memilih menggunakan pupuk an-organik untuk pertanamannya. Hal ini mungkin disebabkan pengaruh positif pupuk organik baru terlihat dalam jangka panjang, sehingga manfaatnya tidak dapat secara langsung dibuktikan petani. Pada umumnya yang dirasakan petani adalah dengan semakin banyaknya pupuk an-organik yang diberikan, maka kondisi tanah semakin tidak baik, semakin berkurangnya respon tanaman tebu terhadap pemupukan dan semakin meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman, sehingga dalam jangka panjang produktivitas tebu juga semakin menurun. Contohnya, banyak petani tebu di Kabupaten Kediri dan Jombang yang merasakan tanahnya semakin keras dan kebutuhan pupuk urea juga semakin meningkat.

Fokus Penelitian Pupuk Organik di Masa Datang

Selama ini penelitian tentang pupuk organik dalam budidaya tebu banyak menggunakan sumber pupuk organik yang padat yang harus diangkut ke lahan dalam jumlah banyak, seperti blothong, pupuk kandang atau kompos. Masih lebih sedikit penelitian tentang pupuk organik yang difokuskan pada penggunaan pupuk hijau dan atau yang dikombinasikan pupuk hayati (*biofertilizers*) untuk memperbaiki kesuburan lahan tebu. Penggunaan pupuk hijau dan atau pupuk hayati mungkin berpeluang untuk diterapkan petani, karena selain dapat ditanam pada lahan yang sama juga tidak membutuhkan biaya transportasi atau penyimpanan.

Penelitian tentang pupuk hijau dapat difokuskan untuk mengkaji jenis-jenis pupuk organik dan pupuk hayati yang efektif dalam memperbaiki kesuburan fisika, kimia dan biologi tanah, serta meningkatkan produksi dan rendemen tebu. Selain itu kajian tentang pengelolaan lahan tebu terkait dengan penanaman pupuk hijau pada lahan yang sama juga perlu dilakukan untuk mengetahui nilai ekonomis dari pupuk hijau dibandingkan dengan pupuk organik padat atau dengan pupuk an-organik.

Peluang menguntungkan tentang penelitian yang berfokus pada penggunaan pupuk hijau dan pupuk hayati dalam menekan serangan penyakit juga belum banyak dilakukan. Termasuk penanaman pupuk hijau pada lahan-lahan tebu monokultur yang rawan erosi masih jarang digali efektivitasnya. Aspek penting yang mungkin juga dapat ditonjolkan dalam penelitian pupuk hijau adalah kajian yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran petani tebu tentang terjadinya degradasi lahan akibat penanaman tebu yang terus menerus dan pentingnya pengelolaan lahan yang menitik beratkan pada kelestarian kesuburan lahan.

KESIMPULAN

Bahan organik tanah berperan penting dalam budidaya tebu karena perannya dalam mempertahankan kesehatan tanah untuk

mendukung produksi tebu yang tinggi secara berkelanjutan. Peran penting bahan organik tersebut sejak lama dikenal, sehingga pada jaman penjajahan Belanda petani tebu sudah terbiasa menambahkan pupuk organik dalam bentuk pupuk hijau, pupuk kandang, atau kompos. Dengan semakin intensifnya budidaya tebu dan kebutuhan gula, aplikasi pupuk organik sudah jarang dilakukan dan petani beralih ke pupuk an-organik. Akibatnya terjadi degradasi lahan dan produktivitas tebu di Indonesia semakin menurun. Untuk mencegah penurunan kesuburan lahan dan produktivitas tebu, mungkin perlu dilakukan gerakan masal aplikasi pupuk organik melalui program nasional. Program penelitian ke depan tentang pupuk organik perlu difokuskan untuk mengkaji efektivitas jenis-jenis pupuk organik dan atau pupuk hayati, dalam menekan serangan penyakit, meminimalkan erosi pada lahan-lahan tebu monokultur yang rawan erosi, dan meningkatkan kesadaran petani tebu tentang terjadinya degradasi lahan akibat penanaman tebu yang terus menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, L. And D.V. Murphy. 2003. What is soil biological fertility ? *In*: Abbot, L.K., Murphy, D.V. (Eds). A key to Sustainable Land use in Agriculture. p 1-15. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Acton, D.F. and L.J. Gregorich. 1995. The health of our soils: Towards Sustainable Agriculture in Canada. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa. P 17-29.
- Anderson, T. H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agriculture Ecosystems and Environments. 98: 285-293.
- Aina, P.O. 1979. Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. Soil Science Society of American Journal. 43: 173-177.
- Anaya, C.A. and E. Huber-Sannwald. 2015. Long-term soil organik carbon and nitrogen dynamics after conversion of tropical forest to traditional sugarcane agriculture in East Mexico. Soil and Tillage Research 147: 20-29
- Aruda, E.M.; R.F de Almeida; A.C. da Silva Junior; B.T. Ribeiro; A. de Andrade Silva; and R.M.Q. Lana. 2015. Aggregation and organik matter

- content in different tillage systems for sugarcane. *African Journal of Agricultural Research*. 10 (4): 281-288.
- Bangita and Rajashekar Rao. 2012. Impact of compaction relief treatments on soil physical properties and performance of sugarcane (*Saccharum* spp.) under zonal tillage system. *Geoderma* 189 (190):351-356.
- Basic, F. L. Kisic, M. Mesic, O. Nestroy, A. Butorac. 2004. Tillage and Crop Management effects on soil erosion in Central Croatia. *Soil and Tillage Research* 78: 197-206.
- Bell, M.J., G.R. Stirling, C.E. Pankhurst. 2007. Management impacts on health of soils supporting Australian grain and sugarcane industries. *Soil and Tillage Research* 97: 256–271.
- Bi, C.J., Z.L. Chen, J. Wang and D. Zhou. 2013. Quantitative assessment of soil health under different planting patterns and soil types. *Pedosphere*. 23(2): 194–204.
- Bronick, C.J., R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- Carter, M. R., Gregorich, E. G., Anderson, D. W., Doran, J. W., Janzen, H. H. and Pierce, F. J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. In Gregorich, E. G. and Carter, M.R. (eds.) *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*. Elsevier, Amsterdam. pp. 1–19.
- Chun-Juan, B.I. CHEN Zhen-Lou, WANG Jun and ZHOU Dong. 2013. Quantitative Assessment of Soil Health Under Different Planting Patterns and Soil Types. *Pedosphere* 23(2): 194–204
- Choudhury, S.G., S. Srivastava, R. Singha, S.K. Chaudharia, D.K. Sharma, S.K. Singh, D. Sarkard. 2014. Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice-wheat cropping system under reclaimed sodic soil. *Soil and Tillage Research*. 136 (1): 76-83.
- Dani Or and T.A. Ghezzehei. 2002. Modelling post-tillage soil structural dynamics: A Review. *Soil and Tillage Research*. 64: 41-59.
- Diekow, J., J. Mielniczuk, H. Knicker, C. Bayer, D.P. Dick, I. Kogel-Knabner. 2005. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and N fertilization in southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. *Soil and Tillage Research*. 81: 87-95.
- Djajadi. 2007. The Roles of Added Clay and Organic Matter in Stabilizing Aggregates in Sandy Soils. School of Earth and Geographical Sciences, Faculty of Natural and Agricultural Sciences. The University of Western Australia. PhD thesis.
- Djajadi, L.K. Abbott, C. Hinz. 2012. Synergistic impacts of clay and organic matter on structural and biological properties of a sandy soil. *Geoderma* (183-184): 19-24.
- Doran, J.W. and M. Safley. 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C. B.M. Doube, V. Gupta (Eds), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, Wallingford, pp 1-28.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicsek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication No. 35. Soil Science Society of America, Inc. and the American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 3–21.
- Doran, J. W. and Zeiss, M. R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. 15: 3–11.
- Elsayed, M.T., M.H. Babiker, M.E. Abdelmalik, O.N. Mukhtar, D. Montange. 2008. Impact of filter mud applications on the germination of sugarcane and small-seeded plants and on soil and sugarcane nitrogen contents. *Bioresource Technology* 99: 4164–4168
- Galdos, M.V., C.C. Cerri, C.E.P. Cerri. 2009. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. *Geoderma* 153 347-352.
- Garside, A.L., 1997. Yield decline research in the Australian sugar industry. *Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc.* 71, 3–18.
- Ghani, A., U. Sarathchandra, S. Ledgard, M. Dexter, S. Lindsey, S., 2013. Microbial decomposition of leached or extracted dissolved organic carbon and nitrogen from pasture soils. *Biology and Fertility of Soils*. 49: 747–755.
- Guerif, J., G. Richard, C. Durr, J.M. Machet, S. Recous, J. Roger-Estrade. 2001. A review of tillage effect on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 61: 13-32.
- Haynes, R.J. and Hamilton, C.S. 1999. Effects of sugarcane production on soil quality: a synthesis of world literature. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 73: 45-51.
- Jacobs, A., Rauber, R., Ludwig, B., 2009. Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two Haplic Luvisols after 40 years. *Soil and Tillage Research*. 102, 158 -164.
- Karlen, D. L., E.G Hurlley, S.S Andrews, C.A.Cambardella, D.W. Meek, M.D. Duffy,

- and A.P. Mallarino. 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. *Agronomy Journal*. 98: 484-495.
- Lal, R. 2004. Agriculture activities and the global carbon cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 70: 103-116.
- Meyer, J.H. and R. Van Antwerpen. 2001. Soil Degradation as a Factor in Yield Decline in The South African Sugar Industry. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 24: 8-152.
- Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organik matter under conservation tillage. *Soil and Tillage Research*. 66: 119-128.
- Neves, C.S.V.J., C. Feller, M.F. Guimarães, C.C. Medina, J. Tavares Filho, M. Fortier. 2003. Soil bulk density and porosity of homogeneous morphological units identified by the Cropping Profile Method in clayey Oxisols in Brazil. *Soil and Tillage Research* 71: 109-119.
- Nurhidayati, E. Arisoelaningsih, D. Suprayogo, K. Hairiah. 2012. Earthworm Population Density in Sugarcane Cropping System Applied with Various Quality of Organic Matter. *The Journal of Tropical Life Science*. 2 (3): 103-109.
- Oades, J.M., 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Structure* 56, 377-400.
- Pagliai, M., N. Vignozzi, S. Pelligrini. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*. 79: 131-143.
- Pankhurst, C.E; R.C. Magarey; G.R. Stirling, B.L. Blair, M.J. Bell, A.L. Garside. 2003. Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia. *Soil Tillage Research* 72: 125-137.
- Pankhurst, C.E., B.L. Blair, R.C. Magarey, G.R. Stirling, M.J. Bell, A.L. Garside. 2005. Effect of rotation breaks and organik matter amendments on the capacity of soils to develop biological suppression towards soil organisms associated with yield decline of sugarcane. *Applied Soil Ecology* 28: 271-282
- Paustian, K., Andrén, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Van Noordwijk, M., Wooster, P.L., 1997a. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use Manage*. 13, 230-244.
- Prunty, L. and R. Greenland. 1997. Nitrate leaching using two potato-corn N-fertilizer plants on sandy soil. *Agriculture, Ecosystems and Environments*. 65: 1-13.
- Pusat Data dan Informasi Pertanian. 2014. Outlook Komoditi Tebu. Sekretariat Jenderal Pertanian. Kementerian Pertanian. ISSN 1907-1507. 64 pp
- Puslittanak. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Departemen Pertanian.
- Qiu, Q., L. Wua, Z. Ouyanga, B. Lia, Y. Xua, S. Wu, E.G. Gregorich. 2015. Effects of plant-derived dissolved organik matter (DOM) on soil CO₂ and N₂O emissions and soil carbon and nitrogen sequestrations. *Applied Soil Ecology* 96:122-130
- Rees, R.M., I.J. Bingham, J.A. Baddeley, C.A. Watson. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*. 128: 130-154.
- Robert A. Gilbert, Dolen R. Morris, Curtis R. Rainbolt, James M. McCray, Raul E. Perdomo, Barney Eiland, Gerard Powell, and German Montes. 2008. Sugarcane Response to Mill Mud, Fertilizer, and Soybean Nutrient Sources on a Sandy Soil. *Agronomy Journal*. 100 (3) : 845-854
- Robinson, C.A., Cruse, R.M., Kohler, K.A., 1994. Soil management. In: Hatfield, J.L., Karlen, D.L. (Eds.), *Sustainable Agricultural Systems*. Lewis Publ., Boca Raton, FL, pp. 109-134.
- Rochette, P., Gregorich, E., 1998. Dynamics of soil microbial biomass C, soluble organik C and CO₂ evolution after three years of manure application. *Canadian Journal of Soil Science*. 78: 283-290.
- Sainju, U.M., W.F. Whitehead, B.P. Singh. 2005. Carbon accumulation in cotton, sorghum, and underlying soil as influenced by tillage, cover crops, and nitrogen fertilization. *Plant and Soil*. 273: 219-234.
- Schulze, E.D. and A. Freibauer. 2005. Environmental science-Carbon unlocke from soils. *Nature*. 437(7056): 205-206.
- Schumann, R.A., J.H. Meyer and R. Van Antwerpen. 2000. A review of green manuring practices in sugarcane production. *Proc S Afr Sug Technol Ass*: 93-100.
- Simanungkalit, R.D.M, D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W Hartatik. 2006. Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 283 pp.
- Six, J., E.T. Elliot, K. Paustian K. 2000. Soil structure and soil organik matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil*

- Science Society of America Journal. 64: 1042-1049.
- Six, J., S.D. Frey, R.K. Thiet, K.M. Batten, 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*. 70, 555–569.
- Speir, T.W., Horswell, J., McLaren, R.G., Fietje, G., VanSchalk, A.P., 2004. Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. *Biology and Fertility of Soils* 40, 349–358.
- Shukla, S.K., R.L. Yadav, Archana Suman, P.N. Singh. 2008. Improving rhizospheric environment and sugarcane ratoon yield through bioagents amended farm yard manure in udic ustochrept soil. *Soil and Tillage Research* 99: 158–168.
- Thangarajan, R., Bolan, N.S., Tian, G., Naidu, R., Kunhikrishnan, A., 2013. Role of organik amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science Total Environment*. 1–25.
- Teshome, Z., G. Abejehu and H. Hagos. 2014. Effect of Nitrogen and Compost on Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) at Metahara Sugarcane Plantation. *Advances in Crop Science and Technology*. 2 (5): 1-5.
- Tisdall, J.M., J.M. Oades. 1982. Organik matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141-163.
- Warkentin, B.P. 1995. The changing concept of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*. 50: 226-228.
- Winhold, B.J., S.S. Andrews, D.L. Karlen. 2004. Soil quality: A review of the science and experiences in USA. *Environmental Geochemistry and Health*. 26: 89-95.
- Wood, A.W. 1985. Soil degradation and management under intensive sugarcane cultivation in North Queensland. *Soil Use and Management*. 1: 120-123.
- Yadav, R.L.; Archana Suman, S.R. Prasad, O. Prakash. 2009. Effect of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Trichoderma viride* on soil health, yield and N-economy of sugarcane cultivation under subtropical climatic conditions of India. *European Journal of Agronomy* 30: 296–303.
- Zentner, R.P., D.D. Wall, C.N. Nagy, E.G. Smith, D.L. Young, P.R. Miller, C.A. Campbell, B.G. McConkey, S.A. Brandt. 2002. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian prairies. *Agronomy Journal*. 94: 216-230.

