

## Peluang dan Tantangan Implementasi Model Pertanian Konservasi di Lahan Kering

### *Opportunities and Challenges for Implementing Conservation Agriculture Model in Dryland*

Achmad Rachman

Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Kampus Pertanian Cimanggu, Bogor 16114. Email: arbb1@yahoo.com

Diterima 25 September 2017, Direview 5 Oktober 2017, Disetujui dimuat 23 Oktober 2017

**Abstrak.** Pertanian konservasi adalah salah satu alternatif model pada praktek pertanian di lahan kering yang dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas tanaman, efisiensi usahatani, dan kualitas lingkungan melalui perbaikan kualitas tanah. Tulisan ini membahas prospek penerapan pertanian konservasi untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas lahan kering. Model pertanian konservasi lebih menekankan pada perbaikan kandungan bahan organik tanah melalui kombinasi 3 pendekatan yaitu olah tanah minimum, pemulsaan, dan pengaturan pola tanam. Introduksi model pertanian konservasi di negara-negara berkembang seperti Indonesia, yang umumnya lahan pertaniannya berskala sempit (<1 ha) dihadapkan pada masalah perkembangan gulma dan penurunan produktivitas pada fase awal implementasi, dan lahan yang tidak bersih sehingga berpotensi memicu munculnya hama dan penyakit tertentu. Namun demikian, model pertanian konservasi ini berpotensi untuk mengubah lahan kering terdegradasi atau tidak produktif menjadi lahan pertanian produktif dengan efisiensi usahatani yang tinggi. Dengan manfaat jangka panjang tersebut, maka implementasi pertanian konservasi di lahan kering, yang potensinya mencapai 29,4 juta ha, akan meningkatkan secara signifikan kontribusi lahan kering terhadap upaya mempertahankan swasembada pangan nasional dan meningkatkan kesejahteraan petani lahan kering. Diperlukan proses dan modifikasi untuk mengadaptasikan teknologi ini yang disesuaikan dengan karakteristik agroekosistem, kondisi sosial, dan ekonomi lokal setempat, sehingga berbagai kendala adopsi dapat diminimalisir dan manfaat dapat dioptimalkan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Selain itu, diperlukan dukungan pemerintah dalam bentuk pelatihan, advokasi, dan bantuan input usahatani untuk meminimalisir resiko kerugian petani terutama pada tahap awal implementasi teknologi.

*Kata kunci: Pertanian Konservasi / Pertanian Lahan Kering / Kualitas Tanah / Produktivitas Tanaman*

**Abstract.** Conservation agriculture is an alternative model to agricultural practices in dryland which in the long term provides a number of benefits including an increase in crop productivity, farm input efficiency and environmental quality through the improvement of soil quality. This paper discusses the prospect for implementing conservation agricultural to improve soil quality and productivity of dryland. The conservation agriculture model emphasizes the improvement of soil organic matter content through a combination of 3 approaches, namely minimum tillage, mulching, and cropping pattern. Introduction of conservation agriculture into developing countries like Indonesia, which are generally small-scale farming (<1 ha), will face a number of obstacles caused by short-term and immediate shortcomings of the technology. These shortcomings include weed development and productivity decline in the early phase of implementation, and the potential to trigger the emergence of certain pests and diseases due to unclean land. However, the practice has the potential to transform degraded or unproductive drylands into more efficient and productive agricultural land. With those long-term benefits of conservation agriculture, its implementation to 29.4 million ha of dryland of Indonesia will boost significantly the contribution of dryland agriculture in sustaining national food self sufficiency and improving the welfare of dryland farmers. Processes and modifications are needed to adapt this practice to suit local agroecosystem, social and local economic characteristics so that various adoption constraints can be minimized and short-term and long-term benefits can be optimized. In addition, government supports are needed in the form of training, advocacy and farm inputs subsidies to minimize the risk of loss of farmers especially in the early stages of technology implementation.

*Keywords: Conservation Agriculture / Dryland Farming / Soil Quality / Crop Yield*

### PENDAHULUAN

Lahan kering merupakan salah satu sumberdaya yang prospektif untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Selain karena hamparannya yang mencapai areal seluas 144,47 juta

ha (Ritung *et al.* 2015), juga memiliki keragaman karakteristik lahan dan iklim yang sangat tinggi. Keragaman tersebut memberikan peluang yang luas untuk pengembangan berbagai komoditas tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan, baik

dari segi kualitas, kuantitas, maupun kontinuitas produk.

Namun demikian, terdapat berbagai tantangan dalam pemanfaatan lahan kering sebagai sumber pertumbuhan baru sektor pertanian. Salah satunya adalah proses degradasi lahan yang berlangsung cepat yang disebabkan oleh erosi tanah, kehilangan bahan organik tanah, pemadatan tanah, dan kelangkaan pasokan air untuk mengairi tanaman. Degradasi lahan dapat diartikan sebagai kerusakan lahan yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan lahan. Batasan ini tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 150 tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa (Wahyunto dan Dariah 2014). Sementara FAO (2013) mendefinisikan degradasi lahan sebagai penurunan kemampuan lahan, baik secara aktual maupun potensial, untuk memproduksi barang dan jasa, pada periode tertentu, untuk penggunaannya (FAO 2013). Dalam definisi ini, yang termasuk produksi barang adalah segala sesuatu yang dihasilkan dari lahan yang mempunyai nilai ekonomi dan sosial seperti ketersediaan lahan, produk pertanian dan ternak, kesehatan tanah, dan air baik kuantitas maupun kualitasnya. Sedangkan produksi jasa termasuk diantaranya adalah keragaman sumberdaya hayati, fungsi hidrologi, dan penyediaan hara.

Lahan yang sudah terlanjur kritis atau telah mengalami degradasi membutuhkan waktu dan biaya besar untuk pemulihannya. Agenda 17 dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*; SDGs) Badan Perserikatan Bangsa Bangsa yang diadopsi para pemimpin dunia pada September 2015 secara khusus menyatakan perlunya memperbaiki tanah yang sudah terdegradasi (FAO 2017). Hal ini mengindikasikan bahwa degradasi lahan sudah menjadi masalah global. Degradasi lahan terutama disebabkan oleh konversi hutan yang tidak terkontrol, usaha pertambangan yang tidak mengindahkan aspek pengelolaan lingkungan yang baik, dan pengelolaan lahan yang kurang tepat dan umumnya terjadi di lahan kering berlereng (Wahyunto dan Dariah 2014). Praktek usahatani di lahan berlereng yang tidak mengindahkan aspek konservasi dan keberlanjutan meningkatkan bahaya longsor, erosi tanah dan limpasan air permukaan.

Praktek pertanian di lahan kering yang tidak mengindahkan aspek konservasi tanah dan keberlanjutan (*sustainability*), tidak hanya mengancam

kelestarian sumberdaya tanah tetapi yang tidak kalah pentingnya adalah mengancam ketahanan pangan dan meningkatkan kemiskinan (FAO 2013). Petani lahan kering yang mengusahakan lahan sempit, input usahatani yang rendah, dan minim informasi teknologi sangat rentan terhadap praktek usahatani yang tidak konservatif dan berkelanjutan.

Pertanian konservasi (*conservation agriculture*) adalah salah satu alternatif praktek pertanian, khususnya di lahan kering yang dapat memperbaiki kualitas tanah pada lahan yang telah terdegradasi sehingga meningkatkan produktivitas tanaman, ketersediaan pangan, dan kualitas lingkungan (FAO 2015; Hobbs 2007; Kassam *et al.* 2009; Derpsch *et al.* 2010). Berbeda dengan praktek pertanian konservasi yang selama ini sudah dikenal di Indonesia seperti Sistem Usahatani Konservasi, model pertanian konservasi memadukan 3 komponen yaitu seminimal mungkin membongkar tanah melalui pengolahan tanah, pengembalian sisa tanaman ke lahan sebagai mulsa, dan rotasi tanaman baik secara spasial maupun temporal (FAO 2015). Model pertanian konservasi ini sangat bertolak belakang dengan kebiasaan petani, khususnya di negara berkembang, dimana pengolahan tanah menjadi tahapan yang wajib dilakukan pada setiap musim tanam. Pada tahun 2014, dilaporkan bahwa model ini telah diadopsi secara luas di Amerika Utara, Amerika Selatan dan Australia, terdapat sekitar 64 juta lahan pertanian di Amerika Selatan telah menerapkan pertanian konservasi (Kassam *et al.* 2014).

Meskipun komponen model pertanian konservasi yaitu pertanian tanpa olah tanah (TOT), pemulsaan dan rotasi tanaman telah dikenal oleh petani di Indonesia, namun pengintegrasian ketiga komponen tersebut dalam satu paket belum banyak dipraktekkan. Oleh karena itu, FAO bekerjasama dengan Badan Litbang Pertanian memperkenalkan model ini di wilayah lahan kering iklim kering NTT dan NTB, sebagai salah satu alternatif teknologi peningkatan produktivitas pertanian. Makalah ini akan membahas prospek penerapan model pertanian konservasi untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas lahan kering.

## **SEBARAN DAN POTENSI PENGEMBANGAN LAHAN KERING**

Lahan kering adalah hamparan lahan yang memiliki indeks kekeringan (*aridity index*) berada pada kisaran antara 0,05 dan 0,65 (UNCCD 2000). Indeks

kekeringan adalah rasio antara curah hujan (P) yang jatuh ke permukaan bumi dan evapotranspirasi (PET). Sedangkan Hidayat dan Mulyani (2002) menggolongkan lahan kering sebagai lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air selama periode waktu dalam setahun atau sepanjang waktu. Dari kedua batasan tersebut terlihat bahwa terdapat periode waktu yang cukup signifikan dimana besarnya kehilangan air dari permukaan bumi melalui evapotranspirasi melampaui curah hujan. Berdasarkan pada batasan tersebut, maka teridentifikasi sebaran lahan kering di Indonesia yang mencakup areal seluas 144,47 juta ha (Tabel 1).

Tabel 1. Luas lahan kering berdasarkan ketinggian (elevasi) di Indonesia

Table 1. Area of dryland based on elevation in Indonesia

Pulau	Dataran rendah	Dataran tinggi	Total
	(< 700 m dpl)	(> 700 m dpl)	
	..... ha .....		
Sumatera	22.828.228	10.426.569	33.254.797
Jawa	7.311.010	2.963.598	10.274.607
Bali dan Nusa Tenggara	5.635.490	1.068.921	6.704.411
Kalimantan	40.038.174	1.576.445	41.614.619
Sulawesi	10.198.379	6.376.246	16.574.626
Maluku	6.287.056	1.162.130	7.449.186
Papua	19.030.995	9.569.970	28.600.966
Indonesia	111.329.332	33.143.879	144.473.211

Sumber: Ritung *et al.* (2015)

Lahan kering terluas berada di dataran rendah atau pada ketinggian (elevasi) < 700 m dpl (dari permukaan laut) yang mencakup areal seluas 111,33 juta ha, sedangkan lahan kering di dataran tinggi (>700 m dpl) seluas 33,14 juta ha. Terdapat 4 pulau dengan potensi lahan kering dataran rendah terluas yaitu berturut-turut Pulau Kalimantan (40,03 juta ha), Sumatera (22,83 juta ha), Papua (19,04 juta ha) dan Sulawesi (10,20 juta ha). Sedangkan lahan kering dataran tinggi umumnya dijumpai di Pulau Sumatera (10,43 juta ha), Papua (9,57 juta), Sulawesi (6,38 juta ha) dan Jawa (2,96 juta).

Dari total luas lahan kering sebesar 144,47 juta ha tersebut, yang potensial untuk pengembangan pertanian tanaman pangan dan sayuran sekitar 30,52 juta ha masing-masing 29,39 juta ha untuk tanaman pangan dan 1,13 juta ha untuk sayuran, sisanya adalah untuk tanaman tahunan (66,72 juta ha) dan padang

pengembalaan ternak (2,42 juta ha). Dengan luasan lahan kering, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, yang sedemikian besar maka masa depan pertanian Indonesia akan tergantung pada pengelolann lahan kering yang berkelanjutan (*sustainable*).

## TANTANGAN PENGEMBANGAN LAHAN KERING

Optimalisasi pemanfaatan lahan kering di Indonesia dihadapkan pada berbagai faktor pembatas yang dapat digolongkan kedalam faktor pembatas yang merupakan karakteristik dari lahan itu sendiri (intrinsik) dan faktor pembatas yang berkaitan dengan ketidaktepatan pengelolaan lahan oleh pengguna lahan (antropogenik). Pada umumnya faktor intrinsik dapat diatasi dengan menerapkan praktek pengelolaan lahan yang tepat, sehingga terjadi peningkatan kualitas tanah yang berdampak pada peningkatan produktivitas tanaman dan kelestarian sumberdaya alam. Sifat-sifat tanah yang umum dijumpai sebagai faktor pembatas di lahan kering antara lain adalah kemasaman tanah, kesuburan tanah, kandungan bahan organik, topografi dan erosi tanah.

### Faktor Pembatas Intrinsik

#### *Kemasaman Tanah*

Masalah kimia tanah yang umum dijumpai di lahan kering adalah kemasaman tanah yang tinggi (pH rendah), kejenuhan aluminium (Al) yang tinggi, dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Sekitar 107,36 juta ha atau sekitar 74% dari total luas lahan kering di Indonesia adalah tanah yang bereaksi masam, sisanya seluas 37,12 juta ha (26%) bersifat tidak masam termasuk didalamnya lahan kering iklim kering seluas 13,27 juta ha (Mulyani dan Sarwani 2013). Pulau Kalimantan, Sumatera dan Papua merupakan wilayah dengan sebaran lahan kering masam terbesar masing-masing 39,09 juta ha, 30,93 juta ha, dan 19,35 juta ha (Tabel 2).

Tanah masam dicirikan oleh pH tanah yang rendah (<5,0) dan kejenuhan Al yang tinggi (>50%). Tanah masam terbentuk di wilayah yang beriklim basah dengan curah hujan tinggi yang menyebabkan tercucinya (*leaching*) kation-kation basa seperti Ca, Mg, K, dan Na atau karena unsur hara tersebut terangkut keluar lahan secara terus menerus pada saat panen tanaman (Granados *et al.* 1993). Di Indonesia, lahan

kering masam dijumpai pada Ultisols, Oxisols, Inceptisols, dan Entisols, yang tersebar di daerah beriklim basah dengan curah hujan tinggi. Sedangkan lahan kering yang tidak masam umumnya terdiri dari ordo Vertisols, Mollisols, dan Alfisols yang dijumpai di daerah beriklim kering, terluas dijumpai di Maluku dan Papua, kemudian di Sulawesi, Jawa, dan Bali dan Nusa Tenggara (Tan 2008).

Tabel 2. Sebaran lahan kering berdasarkan kemasaman tanah di Indonesia

Table 2. Dryland distribution based on soil acidity in Indonesia

Pulau	Masam	Tidak masam	Jumlah
Sumatera	30.934.790	2.320.007	33.254.797
Jawa	8.340.527	1.934.080	10.274.607
Bali dan Nusa Tenggara	168.792	6.535.620	6.704.412
Kalimantan	39.094.313	2.520.306	41.614.619
Sulawesi	7.466.479	9.108.148	16.574.627
Maluku	1.999.401	5.449.785	7.449.186
Papua	19.353.331	9.247.634	28.600.965
Indonesia	107.357.633	37.115.580	144.473.213

Sumber: Ritung *et al.* (2015)

Tanah-tanah di wilayah beriklim kering umumnya bereaksi netral sampai alkalin karena terbentuk dari bahan induk batuan kapur sehingga tingkat kesuburan dan potensi produktivitasnya lebih baik dibanding tanah-tanah di wilayah beriklim basah (Dariah *et al.* 2013). Namun demikian, lahan kering iklim kering tergolong dalam ekosistem yang rapuh (*fragile*) atau mudah terdegradasi jika tidak dikelola secara hati-hati (Wigena *et al.* 2015). Selain kendala ketersediaan air dan fisik seperti solum dangkal dan singkapan batuan di permukaan yang cukup banyak, kendala ketersediaan hara juga menjadi problem utama. Meskipun potensi kandungan hara fosfat (P) dan kalium (K) dalam tanah tergolong tinggi, namun ketersediannya untuk dapat dimanfaatkan oleh tanaman sangat ditentukan oleh kelembaban tanah dan keseimbangan hara, khususnya Ca dan Mg. Pada tanah yang didominasi oleh Ca dan Mg akan menghambat ketersediaan hara P dan K (Dariah *et al.* 2013).

Sebaliknya pada tanah dengan tingkat kemasaman yang tinggi (pH rendah) umumnya mempunyai kandungan dan ketersediaan hara relatif rendah. Tanah-tanah seperti Ultisols dan Oxisols yang penyebarannya lebih luas mempunyai kesuburan tanah

yang relatif lebih rendah dibanding kesuburan tanah pada tanah Alfisols, Andisols, dan Inceptisols (Sudjadi 1984). Tingkat kesuburan tanah yang rendah pada lahan kering di Indonesia, dicirikan antara lain oleh kandungan nitrogen (N) dan ketersediaan fosfor (P) yang umumnya rendah. Meskipun kandungan P tanah umumnya tinggi, namun ketersediaan P di dalam tanah dengan pH rendah terikat oleh Al dan kadang-kadang Fe.

Kejenuhan aluminium (Al) pada tanah yang bereaksi masam (pH <5,0) merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan tanaman (Alam and Adam 1979; Carvalho *et al.* 1980; Foy 1992). Keracunan Al dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman terutama pertumbuhan akar. Beberapa jenis tanaman pangan seperti jagung dan kedelai, lebih peka terhadap keracunan Al dari pada tanaman lainnya (Santoso dan Sofyan 2002). Secara umum, kejenuhan Al yang tinggi dalam tanah menghambat terjadinya pembelahan sel pada akar, meningkatkan kekakuan pada dinding sel, menghambat replikasi DNA, memfiksasi fosfor dalam bentuk kurang tersedia di dalam tanah dan pada permukaan akar, mengurangi respirasi akar, mengganggu aktifitas enzim tertentu sehingga polisakarida mengendap dalam dinding sel, dan menghambat penyerapan, transpor dan pemanfaatan sejumlah hara esensial seperti Ca, Mg, K, dan P (Foy 1992; Prasetyono dan Tasliyah 2003).

### Kandungan Bahan Organik Tanah

Bahan organik berhubungan dengan sifat fisik tanah, terutama pembentukan dan pematapan agregat tanah, dan sifat kimia tanah seperti kapasitas tukar kation, penyediaan hara, dan sebagainya. Pengelolaan tanah yang dilakukan secara intensif, tanpa pengembalian bahan organik menyebabkan terjadinya percepatan penurunan kandungan bahan organik tanah. Hasil penelitian pada lahan kering masam di Sitiung, Sumatera Barat menunjukkan telah terjadi penurunan bahan organik tanah, setelah lahan digunakan untuk pertanian tanaman pangan. Dalam kondisi hutan alami, kandungan bahan organik tanah sekitar 6,8% dan menurun menjadi 2,4; 1,79; 1,76; dan 1,21% berturut-turut setelah 4, 12, 16, dan 20 tahun penggunaan (Busyra, 1995).

Penurunan kadar bahan organik tanah pada lahan kering seringkali pula disebabkan oleh tingginya tingkat erosi dan aliran permukaan. Erosi adalah suatu proses berpindahnya tanah dari satu tempat ke tempat

lainnya yang disebabkan oleh hantaman energi kinetik butiran air hujan, aliran permukaan atau angin. Erosi tidak hanya memindahkan partikel-partikel tanah tetapi juga bahan ikutan lainnya seperti bahan organik dan unsur hara yang sangat diperlukan oleh tanaman. Sejumlah hasil penelitian yang dilaksanakan di beberapa tempat di Jawa Barat menunjukkan bahwa erosi sebesar 66,5 – 96,1 ton ha<sup>-1</sup> menyebabkan hilangnya kandungan C-organik tanah sebesar 3,1 – 9,9 kg ha<sup>-1</sup> (Kurnia *et al.* 2005). Kehilangan kandungan bahan organik tanah melalui erosi akan berlangsung terus selama belum dilakukan upaya pencegahan erosi di lahan usahatani.

### Topografi

Bentuk topografi lahan usahatani sangat menentukan tingkat kesulitan dan resiko usahatani. Resiko usahatani pada lahan yang berlereng (>3%) akan lebih besar dibanding dengan resiko pada lahan yang relatif datar (<3%). Pada lahan yang berlereng, resiko terjadinya erosi dan longsor menjadi pertimbangan utama, disamping resiko lainnya, dalam upaya meningkatkan produktivitas dan kelestarian sumberdaya lahan. Sekitar 77% dari seluruh daratan Indonesia adalah lahan dengan kemiringan diatas 3% (Hidayat dan Mulyani 2005; Abdurachman *et al.* 2005) menyebabkan wilayah Indonesia umumnya rentan terhadap erosi tanah. Faktor kemiringan lahan sangat menentukan tingginya bahaya erosi pada lahan pertanian, khususnya lahan pertanian tanaman pangan.

Topografi yang umumnya berbukit sampai bergunung dan jumlah dan intensitas curah hujan yang tinggi, terutama di wilayah Indonesia Bagian Barat menjadikan erosi tanah oleh air sebagai faktor utama yang perlu diperhatikan. Sedangkan di kawasan Timur Indonesia yang tergolong daerah beriklim agak kering (semi arid), meskipun curah hujan tahunan tergolong rendah (<2000 mm/tahun), namun hanya terjadi selama 3-4 bulan sehingga intensitasnya sangat tinggi akibatnya potensi erosi juga termasuk tinggi (Abdurachman *et al.* 2005; Haryati *et al.* 2013; Mulyani *et al.* 2014).

Hasil pengukuran erosi di beberapa tempat yang lahannya berlereng oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat menunjukkan besarnya erosi pada budidaya tanaman pangan semusim tanpa teknik konservasi tanah berkisar antara 46-351 ton/ha/tahun, jauh di atas batas erosi yang dapat diabaikan 5-15

ton/ha/tahun (Sukmana 1995). Tanah yang terkikis atau tererosi, menyebabkan kualitas sifat-sifat fisik dan kimia tanah menurun, hasil tanaman berkurang, dan hara-hara tanah hilang terbawa aliran permukaan dan erosi. Beberapa ciri degradasi lahan dapat langsung dilihat di lapangan, seperti kedalaman tanah efektif dangkal, lapisan atas tanah (*topsoil*) tipis atau sudah hilang, pertumbuhan tanaman sangat buruk (Kurnia *et al.* 2005).

### Degradasi Lahan

Degradasi lahan pertanian secara umum dipahami sebagai suatu proses penurunan kualitas lahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau penyebab lainnya yang membawa konsekuensi pada penurunan produktivitas tanaman yang diusahakan. Ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan salah satu atau lebih dari sifat-sifat lahan seperti kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah, vegetasi penutup lahan, sumber air, iklim dan relief kearah yang lebih buruk. Oldeman (1988) membagi 2 kategori utama penyebab degradasi lahan yaitu 1) erosi tanah oleh air atau angin, dan 2) deteriorasi sifat fisik dan kimia tanah seperti deplesi unsur hara dan bahan organik tanah, salinisasi, acidifikasi, pencemaran, pemadatan tanah, *crusting*, dan genangan air. Selain deteriorasi sifat fisik dan kimia tanah, deteriorasi sifat biologi tanah perlu mendapat perhatian karena mempengaruhi berbagai proses di dalam tanah. Aktivitas mikro-organisme tanah sangat menentukan kondisi kesehatan tanah yang sangat berkaitan dengan fungsi-fungsi tanah antara lain fungsi produksi, suplai dan penyangga hara, moderasi kondisi ekstrim cuaca, dan fungsi hidrologi. Sifat-sifat biologi tanah mempengaruhi struktur, porositas, aerasi dan kapasitas infiltrasi tanah,

Degradasi lahan yang terjadi di lahan kering, terutama yang berlereng, akan berdampak negatif tidak hanya di tempat dimana degradasi lahan terjadi (*on-site*) tetapi juga di kawasan lain yang ada di bawahnya (*off-site*). Dampak *off-site* diantaranya adalah sedimentasi di sungai, danau, waduk dan saluran-saluran irigasi; banjir dan eutrofikasi di badan-badan air (Vlek *et al.* 2010). Van Lynden dan Oldeman (1997) melaporkan total lahan terdegradasi di Asia Selatan dan Asia Tenggara mencapai 998,9 juta ha, 132,6 juta ha diantaranya tergolong sangat berat. Degradasi lahan yang paling ekstensif terjadi di daratan Afrika meliputi 65% dari

total lahan usahatani dibanding 51% di Amerika Selatan dan 38% di daratan Asia (CA 2007). Sementara itu, di Indonesia dilaporkan total lahan yang tergolong kritis sampai sangat kritis pada tahun 2013 seluas 24.30 juta ha (Pusdatin KLHK 2014). Penyebab utama degradasi lahan di Asia Selatan dan Asia Tenggara adalah erosi oleh air mencapai 46,7% diikuti oleh deteriorasi sifat kimia tanah (24,3%), erosi oleh angin (19,8%), dan terkecil oleh deteriorasi sifat fisik tanah (9,2%).

### **Masalah Antropogenik**

Masalah antropogenik berhubungan dengan cara manusia mengelola sumberdaya lahan, termasuk penggunaan yang tidak sesuai dengan kemampuannya, seperti penggunaan lahan berlereng curam secara intensif untuk komoditas tanaman semusim, dan pengelolaan tanah secara tidak tepat, misalnya pengelolaan sangat intensif dengan tidak memberikan peluang bagi tanah untuk mengembalikan kesuburannya, pengurusan hara dalam bentuk pembuangan sisa tanaman dan pemupukan yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman, serta kurangnya penerapan konservasi tanah pada lahan yang peka erosi.

Masalah antropogenik sangat berkaitan dengan kurangnya tingkat pendidikan formal dan non formal petani, kemiskinan yang menyebabkan rendahnya kemampuan investasi, serta masalah penguasaan lahan. Umumnya petani yang berstatus hanya sebagai penggarap cenderung tidak bersedia menanamkan investasi untuk perbaikan kualitas tanah garapannya, sementara petani pemilik yang sekaligus sebagai penggarap lebih terbuka terhadap inovasi baru untuk perbaikan kualitas tanahnya.

### **POTENSI PERTANIAN KONSERVASI DI LAHAN KERING**

Pertanian konservasi (PK) secara intensif mulai didiseminasikan kembali oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*) sejak awal tahun 2008 sebagai suatu model pertanian alternatif untuk mencegah berlanjutnya degradasi lahan dan merehabilitasi lahan-lahan yang sudah terdegradasi (Reicosky 2015). Model PK mengintegrasikan pengelolaan tanah, air, dan sumberdaya biologi tanah secara efisien sehingga

produktivitas lahan dan tanaman diyakini dapat meningkat dari waktu ke waktu (FAO 2015). Pendukung model pertanian konservasi mendeskripsikan model PK ini sebagai suatu sistem pengelolaan lahan berkelanjutan yang dapat memperbaiki kualitas tanah dan pada waktu yang bersamaan meningkatkan produktivitas tanaman, menyimpan karbon dalam tanah, dan mengurangi emisi gas rumah kaca (Corsi *et al.* 2012; Li *et al.* 2015; Lal 2015). Sejumlah manfaat dari model pertanian konservasi disarikan dalam Tabel 3. Dari berbagai manfaat tersebut, khususnya yang berkaitan dengan hasil tanaman, akan sangat membantu petani lahan kering dalam meningkatkan pendapatannya. Sistem PK telah diadopsi secara luas di Amerika Utara, Amerika Selatan dan Australia (Kassam *et al.* 2014).

Untuk mendapatkan manfaat semaksimal mungkin, model PK menekankan pada 3 pendekatan fundamental yang diharapkan dapat meningkatkan proses-proses biologi baik di dalam maupun di permukaan tanah. Ketiga pendekatan tersebut adalah (1) pengurangan atau bahkan meniadakan sama sekali pengolahan tanah (tanpa olah tanah) sehingga dapat menekan laju dekomposisi bahan organik dan laju erosi, (2) memaksimalkan penutupan permukaan tanah sepanjang tahun dengan memanfaatkan sisa tanaman sebagai mulsa yang dikombinasikan dengan pola tanam, dan (3) pengaturan pola tanam dengan memasukkan tanaman jenis legum sehingga meningkatkan *biodiversity*, kandungan nitrogen tanah dan menekan perkembangan hama dan penyakit tanaman (<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>). Dari uraian tersebut, dapat dilihat bahwa model PK merupakan penyempurnaan dari sistem pertanian tanpa olah tanah (TOT) atau olah tanah konservasi (OTK) yang telah dikenal sebelumnya, dimana hanya menekankan pada 2 aspek yaitu pengolahan tanah minimum dan pengembalian sisa tanaman sebagai mulsa (Rachman *et al.* 2004). Model pertanian konservasi lebih menekankan pada pengelolaan bahan organik tanah yang berbeda dengan model lainnya yang lebih menekankan pada aspek pengelolaan tanah (Reicosky 2015).

Sistem Usahatani (SUT) Konservasi yang diperkenalkan oleh Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA), Badan Litbang Pertanian pada awal tahun 1980-an menekankan pada aspek pengelolaan lahan dengan memadukan dua

Tabel 3. Manfaat penerapan model pertanian konservasi terhadap produksi pertanian, ekosistem, dan sosial ekonomi  
 Table 3. *Benefits for applying conservation agriculture on agriculture production, ecosystems and socio economic.*

Produksi pertanian	Jasa ekosistem	Sosial ekonomi
Mempertahankan produktivitas pada berbagai kondisi iklim	Menekan polusi terhadap air yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dan tanah tererosi	Efisiensi yang tinggi terhadap penggunaan tenaga kerja dan sumberdaya finansial lainnya
Peningkatan efisiensi penggunaan air yang akan berdampak pada produktivitas yang lebih stabil	Mengurangi frekuensi, kedalaman dan lama banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang sangat lebat	Perbaikan pada kondisi kesehatan dan nutrisi
Menekan terjadinya erosi tanah yang berdampak pada pengurangan kehilangan pupuk, benih, energy, dan lain-lain	Aliran air sungai yang lebih lama karena proses <i>recharge</i> air tanah yang lebih baik	Mengurangi frekuensi banjir dan kerusakannya pada fasilitas umum seperti jalan, jembatan, sekolah, dan lain-lain
Memperbaiki kesehatan tanah yang akan meningkatkan kemampuan pengendalian biologis gulma dan penyakit	Menekan proses oksidasi bahan organik tanah menghasilkan CO <sub>2</sub> sebagai akibat dari pengolahan tanah	Lebih banyak waktu tersedia untuk kegiatan on-farm lainnya
Meningkatkan daur ulang karbon, hara mikro dan makro	Perbaikan kandungan bahan organik tanah	Lebih banyak waktu tersedia untuk kegiatan off-farm
Meningkatkan resistensi terhadap kondisi kekeringan	Menjaga agar tanah dapat berfungsi maksimal pada berbagai kondisi ekosistem	

Sumber : Kassam *et al.* (2013)

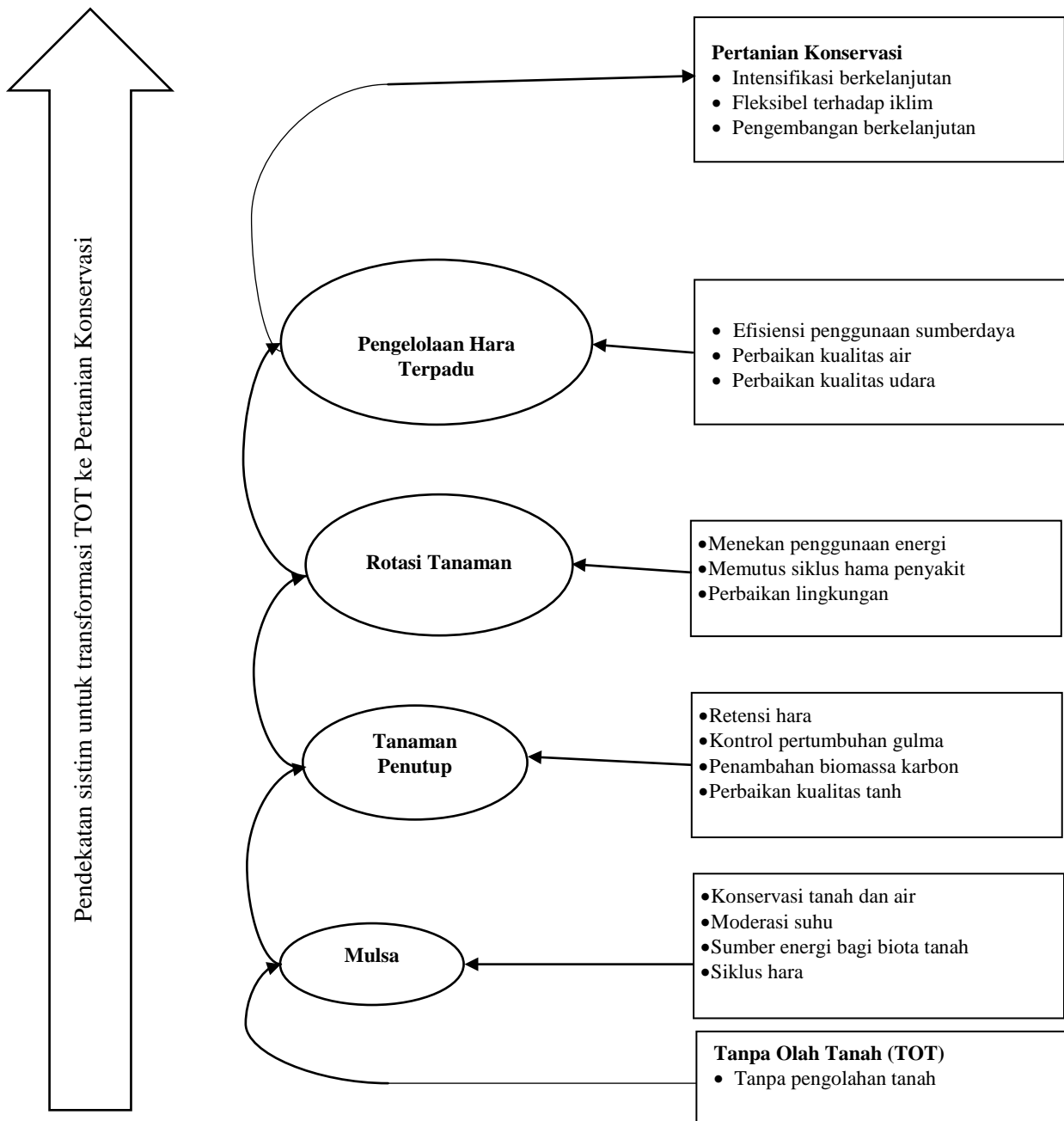
kegiatan utama dalam satu model, yaitu kegiatan usahatani dan konservasi. Teknologi SUT konservasi yang diterapkan di DAS Citanduy (Jawa Barat), DAS Jratunseluna (Jawa Tengah), dan DAS Brantas (Jawa Timur) menggunakan faktor kemiringan lahan, kedalaman tanah, dan kepekaan tanah terhadap erosi sebagai kriteria pengembangan model-model SUT konservasi. Berdasarkan kriteria tersebut disusun satu matrik yang menjadi patokan dalam pemilihan teknik konservasi tanah mekanik dan komposisi dan proporsi tanaman semusim dan tanaman tahunan pada hamparan lahan usahatani (P3HTA 1990). Dengan pendekatan tersebut SUT Konservasi lebih mudah beradaptasi dengan kondisi setempat, namun tetap mengacu pada kriteria umum yang sudah disusun.

Model pertanian konservasi sangat sesuai diterapkan pada sistim pertanian berskala kecil, memiliki keterbatasan pada ketersediaan air, dan lahan telah mengalami proses degradasi (Milder *et al.* 2011; Parks *et al.* 2013; Lal 2015). Hasil demplot teknologi PK yang diperkenalkan oleh FAO dan Badan Litbang Pertanian di agro-ekosistem lahan kering iklim kering dan telah terdegradasi di NTT dan NTB sejak tahun 2014 menunjukkan adanya peningkatan hasil tanaman jagung dari 2 t/ha menjadi 4-5 t/ha pipilan kering (FAO dan USAID 2016). Dengan peningkatan produktivitas yang sangat signifikan tersebut, akan

meningkatkan kontribusi wilayah lahan kering iklim kering di wilayah Indonesia Timur yang luasnya mencapai 13,3 juta ha terhadap pencapaian swasembada jagung nasional.

## KOMPONEN PERTANIAN KONSERVASI

Prinsip utama pertanian konservasi adalah seminimal mungkin melakukan gangguan terhadap tanah, dan menjaga tingkat penutupan lahan tetap tinggi sepanjang tahun (Kassam *et al.* 2009; Derpsch *et al.* 2014; Reicosky 2015). Penutupan lahan dilakukan melalui pengaturan pola tanam (rotasi atau tumpang sari) dan pemberian mulsa sisa tanaman ke lahan pertanian. Lal (2015) menambahkan komponen pengelolaan hara terpadu sehingga menjadi 4 komponen yang membentuk sistim pertanian konservasi yaitu olah tanah konservasi, pemanfaatan sisa tanaman sebagai mulsa, pengaturan pola tanam (rotasi atau tumpangsari), dan pengelolaan hara terpadu. Keempat komponen tersebut harus diterapkan secara simultan atau terintegrasi untuk mencapai hasil yang maksimal. Dari gambaran tersebut, dapat dikatakan bahwa model pertanian konservasi merupakan pengembangan lebih lanjut dari sistim olah tanah konservasi (OTK) seperti diilustrasikan pada Gambar 1.



Sumber: Lal (2015)

Gambar 1. Integrasi empat komponen untuk mentransformasikan sistim tanpa olah tanah ke model pertanian konservasi.

Figure 1. Integration of four components to transform no-till system into conservation agriculture model



Tabel 4. Mekanisme model pertanian konservasi dalam perbaikan kualitas tanah

Table 4. Mechanism for conservation agriculture model in improving soil quality

Komponen tanah	Komponen pertanian konservasi			
	TOT	Mulsa	Pola tanam	Penutup tanah
Hidrologi	Meningkatkan laju perkolasi	Melindungi permukaan tanah		
Sifat fisik tanah	Perbaikan porositas tanah	Mencegah terbentuknya kerak di permukaan tanah ( <i>soil crusting</i> )	Terbentuk <i>root channel</i> pada berbagai kedalaman	Meningkatkan kegemburan tanah
Sifat kimia tanah	Mencegah kehilangan hara melalui erosi	Meningkatkan komposisi hara makro dan mikro	Menambah variasi eksudat akar	Menambah suplai nitrogen ke dalam tanah
Sifat biologi tanah	Meningkatkan aktivitas biologi tanah	Sumber hara dan energy	Meningkatkan keragaman sumberdaya hayati dalam tanah	Meningkatkan kandungan bahan organik tanah

Sumber : Kassam *et al.* (2013) dimodifikasi

Kombinasi antara pengolahan tanah minimum dan pemberian mulsa sisa tanaman pada sistem OTK dapat secara langsung mengurangi erosi tanah, kehilangan air melalui evaporasi dan aliran permukaan dan secara bertahap meningkatkan kandungan bahan organik dan hara tanah (Ghosh *et al.* 2015). Integrasi dengan tanaman penutup tanah jenis legum dan sistem rotasi tanaman akan meningkatkan retensi hara, menekan pertumbuhan gulma, memutus siklus perkembangan hama dan penyakit tanaman, dan meningkatkan kualitas sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Pengelolaan hara terpadu dengan memanfaatkan kompos atau pupuk kandang sebagai sumber hara dan pemberian pupuk anorganik berdasarkan ketersediaan hara dalam tanah dan kebutuhan tanaman akan mengoptimalkan penggunaan sumberdaya dan mengurangi polusi perairan. Peranan masing-masing komponen PK dalam perbaikan kualitas sifat fisik, kimia, biologi dan hidrologi tanah disajikan dalam Tabel 4.

### Olah Tanah Konservasi

Olah tanah konservasi adalah suatu konsep pengelolaan lahan berkelanjutan yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman, menyimpan karbon dalam tanah dan mengurangi emisi gas rumah kaca (Li *et al.* 2015). Dalam pelaksanaannya sistem OTK ini mensinergikan cara penyiapan lahan dengan seminimal mungkin mengganggu tanah dan menutup permukaan tanah minimal 30% dengan sisa tanaman

sebagai mulsa (Rachman *et al.* 2004; Busari *et al.* 2015). Jika diterapkan secara konsisten dan berkelanjutan, sistem OTK akan: 1) menghemat tenaga, waktu dan energi dalam penyiapan lahan, 2) meningkatkan kandungan bahan organik tanah, 3) memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan ketersediaan air dalam tanah, 5) memperbaiki struktur tanah, 6) mengurangi erosi tanah, 7) memperbaiki kualitas air tanah, 8) meningkatkan kandungan fauna tanah, dan 9) memperbaiki kualitas hasil panen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan OTK disertai pemberian mulsa sisa jerami pada lahan yang telah terdegradasi meningkatkan hasil jagung 47 - 69% lebih tinggi dibanding kontrol dan memperbaiki kualitas agregasi tanah terdegradasi (Nurida dan Kurnia 2009). Sedangkan Li *et al.* (2015) melaporkan bahwa penerapan OTK di Cina meningkatkan produktivitas jagung 3,6–10,5%. Peningkatan produktivitas tersebut diperoleh melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah sebagai akibat dari pengembalian sisa tanaman yang dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah (Zikeli *et al.* 2013). Meningkatnya kandungan bahan organik tanah akan memperbaiki kemampuan tanah untuk menyimpan air dan hara dan menyediakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman.

Meskipun manfaat positif dari penerapan OTK telah dibuktikan, namun petani masih melakukan pengolahan tanah sempurna berdasarkan 2 alasan utama (Hobbs *et al.* 2008) yaitu:

1. Pengolahan tanah dilakukan untuk menggemburkan tanah sehingga memudahkan dalam menanam atau menempatkan benih/bibit dalam lubang tanam. Kondisi kegemburan tanah yang baik akan menghasilkan perkecambahan benih yang hampir seragam.
2. Menekan pertumbuhan gulma. Pertumbuhan gulma yang tidak terkontrol akan menyaingi tanaman utama dalam memanfaatkan air, hara, dan cahaya matahari sehingga produktivitas tanaman tidak optimal. Dengan melakukan pengolahan tanah sebelum pertanaman dilakukan akan meminimalkan persaingan tersebut.

Pengaruh positif dari pengolahan tanah umumnya bersifat jangka pendek. Dalam jangka panjang, pengolahan tanah intensif terutama di daerah tropika akan meningkatkan erosi tanah (Suwardjo 1981), meningkatkan dekomposisi bahan organik, menjadikan partikel tanah lebih halus (*powdery*) sehingga mudah hanyut bersama aliran permukaan, dan merusak kestabilan agregat tanah (Rachman *et al.* 2004). Selain itu, dalam jangka panjang pada sistem OTK dapat menghindari terjadinya degradasi lahan akibat erosi (Ghosh *et al.* 2015), meningkatkan kemampuan tanah meretensi air (Aziz and Mahmood 2013; Lal 2008; Triplett and Dick 2008), dan mengurangi biaya produksi (Triplett and Dick 2008; Derpsch *et al.* 2010). Mosaddeghi *et al.* (2009) melaporkan bahwa sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh praktek pengolahan tanah yang diterapkan. Pada kondisi lingkungan yang kering, penerapan olah tanah konservasi menghasilkan kondisi tanah yang lebih baik dibanding dengan tanah yang diolah secara konvensional.

### **Pengelolaan Sisa Tanaman**

Brangkas tanaman baik dalam bentuk akar, batang dan daun yang dikembalikan ke lahan usahatani dan dibiarkan mengalami proses dekomposisi secara alami memberikan sejumlah manfaat diantaranya adalah: 1) meningkatkan kandungan bahan organik tanah, terutama pada lapisan olah tanah, 2) melindungi tanah dari proses pelapukan secara kimia dan fisik, 3) melindungi permukaan tanah dari energi hampasan butir-butir hujan, 4) meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, meningkatkan aktivitas biologis tanah

(Schoenau and Campbell 1996), dan 5) menekan laju evaporasi dari permukaan tanah. Secara bertahap, kebutuhan akan pemberian pupuk kimia akan berkurang karena sisa tanaman yang telah mengalami proses dekomposisi akan melepas hara baik makro maupun mikro yang langsung dapat diserap oleh akar tanaman. Sejumlah hasil penelitian menunjukkan pengaruh positif pemberian mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman antara lain disebabkan oleh perbaikan kandungan hara tanah, moderasi suhu tanah, dan konservasi kelembaban tanah (Rachid 1997; Tsuji *et al.* 2006; Dariah dan Nurida 2011; Ghosh *et al.* 2015). Pengaruh nyata pemberian mulsa yang dikombinasikan dengan pemberian biochar terhadap pertumbuhan jagung di lahan kering iklim kering terlihat pada musim kemarau dimana produktivitas jagung meningkat sebesar 27% dibanding kontrol (Dariah dan Nurida 2011).

### **TANTANGAN APLIKASI PERTANIAN KONSERVASI**

Sektor pertanian, khususnya sub sektor tanaman pangan, di negara-negara berkembang seperti Indonesia dicirikan oleh luas garapan lahan usahatani yang sempit (<0,5 ha). Data BPS (2013) menunjukkan bahwa sekitar 32% petani di luar Jawa dan 76% di Jawa tergolong petani berlahan sempit atau petani gurem. Orientasi utama petani gurem ini adalah untuk memenuhi kebutuhan sendiri (subsisten) terlebih dahulu baru kemudian menjual sisa panennya ke pasar jika terdapat kelebihan. Mereka cenderung menanam berbagai komoditi di lahan usahatannya yang sempit dalam pola tumpangsari, tumpang sisis (*relay cropping*), dan rotasi tanaman sehingga indeks pertanaman dalam setahun bisa mencapai 500 (Syahyuti 2013). Diversifikasi tanaman dilakukan untuk mengurangi resiko gagal panen pada satu jenis komoditi tertentu, karena ketergantungan petani yang sangat tinggi pada lahan tersebut. Dengan sistem usahatani yang demikian intensif dan keengganan untuk mengambil resiko, maka menjadi kendala utama dalam memperkenalkan inovasi teknologi baru, termasuk model pertanian konservasi.

Dalam model pertanian konservasi, terdapat sejumlah kelemahan yang akan menentukan tingkat adopsi petani. Kelemahan tersebut umumnya segera terlihat setelah diterapkannya model pertanian konservasi oleh petani, sedangkan keuntungan/manfaat penerapan teknologi pertanian konservasi terhadap

produktivitas membutuhkan waktu yang lebih lama. Kelemahan tersebut diantaranya adalah pertumbuhan gulma yang tidak terkendali, immobilisasi hara, terganggunya perkecambahan benih, potensi adanya hama ulat tanah dan penyakit, dan drainase buruk (Giller *et al.* 2009). Pertumbuhan gulma yang cukup ekspansif akan terjadi karena tidak dilakukannya pengolahan tanah yang sejatinya berfungsi untuk membunuh gulma kemudian memendamnya ke dalam tanah. Untuk mengatasi perkembangan gulma maka kepada petani disarankan untuk menggunakan herbisida yang mengharuskan petani mengeluarkan sejumlah uang tunai untuk membelinya.

Immobilisasi hara akan secara langsung mengganggu pertumbuhan tanaman karena terjadinya kompetisi dalam pemanfaatan nitrogen untuk proses dekomposisi bahan organik dan untuk hara tanaman. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, petani disarankan untuk mengomposkan terlebih dahulu sisa tanaman sebelum dikembalikan ke lahan. Kegiatan tersebut akan menambah kegiatan baru bagi petani untuk mengumpulkan sisa tanaman, mengomposkan, lalu menyebarkan kompos yang sudah jadi ke lahan. Jika sejumlah kelemahan tersebut tidak tertangani dengan baik, maka akan menjadi kendala utama dalam meningkatkan adopsi model PK pada petani lahan kering berlahan sempit. Petani berlahan sempit umumnya kurang mempertimbangkan dampak positif yang bersifat jangka panjang dari suatu inovasi teknologi yang diperkenalkan dan lebih terpengaruh oleh manfaat jangka pendek dalam pengambilan keputusan.

Oleh karena itu, perubahan pola pikir petani menjadi isu utama dalam memperkenalkan model pertanian konservasi. Pola pikir yang sebelumnya melakukan pengolahan tanah intensif setiap kali akan tanam dan membakar sisa tanaman agar lahan terlihat bersih berubah menjadi pengolahan tanah yang sangat terbatas dan sisa tanaman dijadikan sebagai mulsa. Petani perlu diyakinkan bahwa praktek pertanian yang selama ini dilakukan akan semakin menguruskan tanah yang akan berakibat pada semakin meningkatnya penggunaan pupuk kimia untuk mempertahankan produktivitas. Sebaliknya pertanian konservasi akan semakin menyuburkan tanah sehingga semakin meningkatkan keuntungan usahatani. Pendekatan untuk merubah pola pikir tersebut dapat dilakukan melalui advokasi yang terus menerus dan pembangunan lahan percontohan (demplot) sebagai

tempat pembelajaran. Selain itu pemerintah perlu mendukung dengan menyediakan subsidi pada tahun pertama dan kedua dari implementasi model pertanian konservasi.

## PENUTUP

Sumberdaya tanah yang sehat dan produktif merupakan kunci keberhasilan dalam mencapai kedaulatan pangan. Usahatani yang tidak tepat, khususnya di lahan kering, dapat memacu terjadinya degradasi lahan yang ditandai dengan menurunnya kualitas fisik, kimia dan biologi tanah. Peningkatan laju degradasi ini dipicu oleh praktek budidaya pertanian, khususnya di lahan kering berlereng, yang tidak menerapkan aspek kelestarian sumberdaya lahan. Model pertanian konservasi (*conservation agriculture*) adalah suatu sistem pengelolaan lahan berkelanjutan yang dapat memperbaiki kualitas tanah dan pada waktu yang bersamaan meningkatkan produktivitas tanaman, menyimpan karbon dalam tanah, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Model pertanian konservasi menekankan pada upaya peningkatan kandungan bahan organik tanah melalui kombinasi olah tanah minimum, pemulsaan dan pengaturan pola tanam.

Selain manfaat jangka panjang berupa peningkatan produktivitas, efisiensi usahatani dan mitigasi gas rumah kaca, terdapat sejumlah tantangan jangka pendek yang akan menjadi penentu utama kesediaan petani untuk mengadopsi model tersebut, khususnya petani berlahan sempit di negara-negara berkembang seperti di Indonesia. Tantangan tersebut diantaranya adalah pertumbuhan gulma yang cukup signifikan, pemadatan tanah dan penurunan produktivitas pada periode awal implementasi model PK karena tidak dilakukannya pengolahan tanah, perbaikan kandungan bahan organik tanah belum terjadi dan rotasi atau tumpangsari tanaman belum efektif. Implementasi model pertanian konservasi di lahan kering Indonesia yang potensinya untuk tanaman pangan mencapai luasan 29,4 juta ha berpotensi menjadikan lahan kering sebagai sentra produksi komoditas tanaman pangan. Diperlukan sejumlah penelitian untuk mengadaptasikan model pertanian konservasi ini yang disesuaikan dengan kondisi sosial dan ekonomi petani berlahan sempit. Dukungan pemerintah dalam bentuk pelatihan, advokasi dan bantuan sarana produksi diperlukan untuk mempercepat adopsi model ini di tingkat petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A. S. Sutono, dan N. Sutrisno. 2005. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng. *Hlm.* 101-140. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. A. Abdurachman dan Mappaona (eds). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Deptan. Bogor.
- Alam S.M., dan W.A. Adams. 1979. Effects of aluminum on nutrient composition and yield of roots, *J. Plant Nutr.* 1: 365–375.
- Aziz, I., T. Mamood, dan K.R. Islam. 2013. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil Tillage Res.* Vol 131:28-35.
- Busyra, B. S. 1995. Rehabilitasi tanah Ultisol (Typic Kandiuult) Sitiung dengan kompos dan gambut. *Risalah Seminar (VIII):*181-190
- CA. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* London: Earthscan and Colombo: International Water Management Institute.
- Carvalho M.M., C.S. Andrew, D.G. Edwards, dan C.J. Asher. 1980. Comparative performances of six *Stylosanthes* species in three acid soils, *Aust. J. Agric. Res.* 31: 61–76
- Corsi, S., T. Friedrich, A. Kassam, M. Pisante, dan J.M. Sa. 2012. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review. *Integrated Crop Management (101pp)* Vol 16. Rome AGP/FAO
- Dariah, Ai, IG.M. Subiksa, dan Sutono. 2013. *Sistem Pengelolaan Tanah Pada Lahan Kering Beriklim Kering.* IAARD Press.
- Dariah, Ai dan N.L. Nurida. 2011. Aplikasi mulsa vertikal dan pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan kering iklim kering di Naibonat, Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Semnas Sumberdaya Lahan Pertanian.* Rejekiingrum et al. (eds). Banjarbaru, Bogor 13-14 Juli 2011. Balitbangtan, Kementan.
- Derpsch, R., T. Friedrich, A. Kassam, dan H. Li. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(1): 1–25.
- Derpsch, R., A.J. Franzluebbers, S.W. Duiker, D.C. Reicosky, K. Koeller, W.G. Sturny, J.C.M. Sá, and K. Weiss. 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil & Tillage Research* 137:16–22.
- FAO. 2013. *Land Degradation Assessment in Drylands.* LADA Project.FAO. Rome.
- FAO. 2015. *Conservation Agriculture.* <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>
- FAO. 2017. *Soil organic carbon: The hidden potential.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Foy, C.D. 1992. Soil chemical factors limiting plant root growth, *in* Hatfield J.L., Stewart B.A. (Eds.), *Advances in Soil Sciences: Limitations to Plant Root Growth*, Vol. 19, Springer Verlag, New York, 1992, pp. 97–149
- Ghosh, B.N, P. Dogra, N.K. Sharma, R. Bhattacharyya, dan P.K. Mishra. 2015. Conservation agriculture impact for soil conservation in maize-wheat cropping system in the Indian sub-Himalayas. *Intern.Soil and Water Conserv. Res.* 2:112-118.
- Giller, K.E., E. Witter, M. Corbeels, dan P. Tittonell. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research* 111: 23-34.
- Granados, G., S. Pandey, dan H.Ceballos. 1993. Response to selection for tolerance to acidsoils in a tropical maize population. *Crop Sci.* 33:936-940
- Haryati, U., D. Erfandy, dan Y. Soelaeman. 2013. Alternatif teknik konservasi tanah untuk pertanaman kubis di dataran tinggi Kerinci. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi.* Badan Litbang Pertanian. Kementan.
- Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2005. Lahan kering untuk pertanian. *Hlm.* 1-34. *Dalam* A. Abdurachman dan Mappaona (eds.). *Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Deptan. Bogor.
- Hobbs, P. R. 2007. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production?. *J.of Agricultural Science*, 145(2): 127.
- Hobbs, P. R., K. Sayre, and R. Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil. Trans. Royal Society B*, 363:543-555.
- Kassam, A., T. Friedrich, F. Shaxson, dan J. Pretty. 2009. The spread of conservation agriculture: Justification, sustainability and uptake. *Inter. J. of Agric. Sustainability*, 7(4), 292–320.
- Kassam, A., G. Basch, T. Friedrich, F. Shaxson, T. Goddard, T.J.C. Amado, B. Crabtree, Li Hongwen, I. Mello, M. Pisante, dan S. Mkomwa. 2013. Sustainable Soil Management Is More than What and How Crops Are Grown. *dalam* *Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems.* R. Lal and B.A. Stewart (ed). CRC Press.pp.377-399
- Kassam, A., T. Friedrich, R. Derpsch, dan J. Kienzle. 2014. Worldwide adoption of conservation agriculture. 6<sup>th</sup> World Congress of Conservation Agriculture, 22-27 June, 2014. Winnipeg, Canada.
- Kurnia, U., Sudirman dan H. Kusnadi. 2005. Rehabilitasi dan reklamasi lahan terdegradasi. *Hlm.* 141-168, *Dalam* *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering.* A. Abdurachman dan Mappaona (eds). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Deptan. Bogor
- Lal, R. 2008. Enhancing ecosystem services with no-till. *Renew. Agric. Food Systems* 28:102-114.

- Lal, R. 2015. A system approach to conservation agriculture. *J. Soil and Water Conservation* 70 (4): 82A-88A.
- Li, H., J. He, H.Gao, Y. Chen, dan Z. Zhang. 2015. The effect of conservation tillage on crop yield in China. *Front. Agr. Sci. Eng.* Vol 2(2):179-185.
- Milder, J. C., T. Majanen, dan S. J. Scherr. 2011. Performance and potential of conservation agriculture for climate change adaptation and mitigation in Sub-Saharan Africa. *EcoAgriculture Partners* ([www.ecoport.org](http://www.ecoport.org)).
- Mosaddeghi, M.R., A.A. Mahboubi, dan A. Safadoust. 2009. Shortterm effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil and Tillage Research*, 104: 173–179.
- Mulyani, A. dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan suboptimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *J. Sumberdaya Lahan* 7(1): 47-55.
- Nurida, N. L. dan U. Kurnia. 2009. Perubahan agregat tanah pada Ultisols Jasinga terdegradasi akibat pengolahan tanah dan pemberian bahan organik. *Jurnal Tanah dan Iklim* Vol. 30: 37 – 46.
- Oldeman, L. R. 1988. Guidelines for General Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, the Netherlands
- P3HTA (Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air). 1990. Petunjuk teknis usaha tani konservasi daerah limpasan sungai. *dalam* Sukmana *et al.* (Eds.). Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Parks, M. H., M. E. Christie, dan I. Bagares. 2013. Gender and conservation agriculture: constraints and opportunities in the Philippines. *GeoJournal* 78(6) DOI 10.1007/s10708-014-9523-4
- Prasetyono, J. dan Tasliah. 2003. Strategi Pendekatan Bioteknologi untuk Pemuliaan Tanaman Toleran Keracunan Aluminium. *Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol. 10 No.1:171-178
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2014. Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan..
- Rachid, M. 1997. Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semiarid area of Morocco. Colorado State University, ProQuest Dissertations Publishing, 1997.3072621
- Rachman, A., A. Dariah, dan E. Husein. 2004. Olah Tanah Konservasi. *Hlm.* 189-210. *Dalam* Konservasi Tanah pada Lahan Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Balitbangtan. Departemen Pertanian
- Reicosky, D.C. 2015. Conservation tillage is not conservation agriculture. *J. Soil and Water Conservation*. 70(5): 103A-108A. doi: 10.2489/jswc.70.5.103A
- Ritung, S., E. Suryani, D. Subardja, Sukarman, K. Nugroho, Suparto, Hikmatullah, A. Mulyani, C. Tafakresnanto, Y. Sulaeman, R.E. Subandiono, Wahyunto, Ponidi, N. Prasodjo, U. Suryana, H. Hidayat, A. Priyono, W. Supriatna. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. E. Husen, F. Agus, D.Nursyamsi (Eds). Badan Penelitian dan Pengembangan Penelitian. Jakarta, IAARD Press. 98 halaman.
- Santoso, D. dan A. Sofyan. 2002. Pengelolaan hara tanaman pada lahan kering. *hal.* 1-34. *dalam* A. Abdurachman dan Mappaona(eds). Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Deptan. Bogor.
- Schoenau, J.J. dan C.A. Campbell. 1996. Impact of crop residue on nutrient availability in conservation tillage systems. *Can J. of Plant Scie.* 76(4): 621-626.
- Syahyuti. 2013. Pemahaman terhadap petani kecil sebagai landasan kebijakan pembangunan pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* Vol 31(1):15-29.
- Sukmana. S., 1995. Teknik Konservasi tanah dalam Penanggulangan Degradasi tanah Pertanian lahan kering, *Dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Buku I. Makalah Kebijakan. 26-28 September 1995. Puslittanak Bogor. pp 23-41
- Tan, Kim H. 2008. Soils in the humid tropics and monsoon region of Indonesia. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.
- Triplett, G.B. dan W.A. Dick. 2008. No-tillage crop production. A revolution in agriculture. *Agron. J.* 100: S153-S165
- Tsuji, H., H. Yamamoto, K. Matsuo, dan K. Usuki. 2006. The effects of long-term conservation tillage, crop residues and P fertilizer on soil conditions and responses of summer and winter crops on an Andosol in Japan. *Soil and Tillage Res.* Vol 89(2): 167-176.
- UNCCD. 2000. Global Dryland: A UN System-wide response. Environmental Management Group. United Nations
- van Lynden, G. W. J., and L. R. Oldeman. 1997. The assessment of the status of human-induced soil degradation in South and Southeast Asia. . International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, the Netherlands.
- Vlek, P. L. G., Q. B. Le, and L. Tamene. 2010. Assessment of land degradation, its possible causes and threat to food security in sub-Saharan Africa. *In* Advances in Soil Science— Food Security and Soil Quality, p. 57-86. R. Lal and B. A. Stewart (eds.), 57–86. CRC Press, Boca Raton.
- Wahyunto dan Ai Dariah. 2014. Degradasi lahan di Indonesia. Kondisi existing, karakteristik, dan penyeragaman definisi mendukung gerakan menuju satu peta. *J. Sumberdaya Lahan* 8(2): 81-93.

- Wigena, IPG., L. Anggria, J. Purnomo. 2015. Teknologi pengelolaan hara dan bahan organik sebagai model pertanian ramah lingkungan pada lahan kering iklim kering. Hlm. 47-80. *Dalam* Pengelolaan Lahan Pada Berbagai Ekosistem Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan. Husnain, W. Hartatik, Y. Sulaeman, IPG. Wigena, IW. Suastika, J. Purnomo (eds.). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. IAARD Press.
- Zikeli, S., S. Gruber, C. F. Teufel, K. Hartung dan W. Claupein. 2013. Effects of reduced tillage on crop yield, plant available nutrients and soil organic matter in a 12-year long-term trial under organic management. *Sustainability* Vol 5: 3876-3894. Doi: 10.3390/su5093876.