

© 2004 Ibnu Umar  
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)  
Sekolah Pasca Sarjana / S3  
Institut Pertanian Bogor  
Desember 2004

Posted: 1 December 2004

Dosen:  
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng, M F (Penanggung Jawab)  
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc  
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

## **PENGOLAHAN TANAH SEBAGAI SUATU ILMU: DATA, TEORI, DAN PRINSIP-PRINSIP**

Oleh:

**Ibnu Umar**

A261040021

[umarmaufur@yahoo.com](mailto:umarmaufur@yahoo.com)

### *ABSTRACT*

*History of tillage began when people changed from being hunters and gatherers to the more sedentary life of planters and harvesters. This change in life-style brought about introduction of early cultivators to modify plant root environment. The seed was placed on disturbed-cleaned soil, which was believed more favourable for plant growth. When the demand of food and fibre increase substantially, people created machine and equipment to speed up and easier practices of root zone modification. Tillage has been one branch of the science since then. Researchers focused on radical modification of root zone, to make good yield. Intensive tillage started to become normal practice worldwide. Basic structure of the science (data, theories, and shaping principles) of tillage confirmed that intensive modification of root zone was scientifically accountable. Later on people found that excessive cultivation has resulted in widespread of soil erosion, compaction, and declining chemical fertility. People also recognised, that they have already put too many energy to the farm that finally contributed to deterioration of environment by emission of three important greenhouse gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O). Researchers were aware of the importance to reduce tillage. Paradigm shifted from intensive to reduced tillage, later data, theories, and shaping principles then falsified its former. Practice of minimising tillage such as ridge tillage, strip tillage, and even no-tillage were selected to become the theme of researcher meeting, and were adopted by farmer. The introduction of sustainable agriculture, to conserve soil, water and atmosphere, need more experience and understanding about conservation tillage. This paper described the evolution history of the basic structure of science (data, theories, and shaping principles) of tillage science, from the very beginning, the excessive (conventional) tillage to the conservation tillage. This evolution verified that scientific methods have any limitation. Data, once confirmed theories, in other time new data falsified the same theory, and new theory develops. Scientists are to seek new evidence, because absence of an evidence does not mean an evidence of absence.*

## PENDAHULUAN

Zaman membudidayakan tanaman secara menetap sudah dimulai 10-13 milenium yang lalu, di lembah-lembah sungai Tigris, Eufkrat, Nil, Indus, dan Yangtze, dikenal dengan kebudayaan air (hidrik), karena berkembang di lembah-lembah sungai (Hillel, 1991; 1994). Kebudayaan Sumeria membuat peralatan pertanian sederhana pada tahun 5000 dan 4000 an sebelum Masehi. Alat tersebut pada awalnya dirancang untuk menempatkan bibit dan memendamnya supaya mudah berkecambah, membuang gulma dan memanen (Troeh dkk., 1984). Catatan mengenai peralatan untuk membajak ditemukan di Mesopotamia pada tahun 3000 an sebelum Masehi (Hillel, 1998). Di Yunani, catatan mengenai pengolahan tanah pernah didokumentasikan sekitar tahun 400 SM seperti yang ditulis oleh Xenophon yang merekomendasikan pengolahan tanah pada musim semi karena tanah akan menjadi gembur di musim tanam berikutnya (Tisdale dan Nelson, 1966).

Alat pengolah tanah berupa bajak pada awalnya diciptakan dari kayu yang ditajamkan di ujungnya, berbentuk tongkat lancip, disebut bajak 'ard' atau 'hook' atau di Indonesia dikenal sebagai brujul, dipasang horisontal, dioperasikan dengan cara ditarik baik oleh manusia maupun oleh ternak (Kouwenhoven dan Kroesbergen, 1986). Di samping bahan kayu, dibuat pula bajak dari logam yang kemudian dikembangkan dengan diberi bersayap (winged) berbentuk segitiga di sisi kiri dan kanan berfungsi untuk membongkar tanah, dan selanjutnya secara evolusi dikembangkan lagi menjadi bajak singkal berfungsi membongkar dan membalik tanah, meskipun bentuk lama masih juga dipertahankan. Bajak brujul (Kouwenhoven 1982) sampai sekarang masih dipakai di Indonesia untuk mengolah tanah berat di daerah-daerah berkapur.

Pengolahan tanah menjadi bagian praktek budidaya tanaman, sejak tuntutan pangan semakin meningkat. Selanjutnya pengolahan tanah berkembang menjadi salah satu cabang ilmu (sain) dalam budidaya tanaman. Sebagai satu ilmu, perkembangan pengolahan tanah digambarkan secara kronologis melalui tema-tema yang dipilih dalam pertemuan organisasi penelitian tanah dan pengolahan tanah internasional (International Soil and Tillage Research Organisation / ISTRO). Pertemuan ISTRO 1950-1960 bertema modifikasi zona perakaran tanaman, sumber tenaga penggerak alat pertanian, mekanisasi, rancang bangun alat pengolah tanah. Penelitian-penelitian pada saat itu menghasilkan konsep-konsep pengolahan tanah intensip dengan alat-alat berat, ditarik oleh traktor besar. Pertemuan 1960-1970 bertema pengolahan konservasi dan pengelolaan residu, karena pengolahan tanah intensip menimbulkan masalah degradasi lahan, intensitas pengolahan yang dikurangi menjadi topik yang banyak diteliti. Pertemuan 1980 an bertema pemadatan tanah, kekuatan tanah, merupakan penelitian-penelitian untuk mengkuantifikasi kerusakan lahan, dan pengolahan dengan alat-alat yang dimodifikasi untuk mengurangi kerusakan tanah. Pertemuan 1990 an bertema sistem pertanian berkelanjutan, kualitas lahan. Pertemuan 2000 bertema efek rumah kaca, kualitas lingkungan dan pemodelan.

## PENGOLAHAN TANAH KONVENSIONAL

Revolusi pengolahan tanah terjadi pada Pasca Perang Dunia II dikenal dengan era mekanisasi pertanian. Topik-topik penelitian pada tahun-tahun 1950-1960 adalah; modifikasi daerah perakaran tanaman secara radikal, tenaga untuk mengolah tanah / kekuatan traksi traktor, dan rancang bangun alat pengolah pertanian (Lal, 2001). Alat pengolah tanah besar ditarik oleh traktor besar atau oleh mesin bakar stasioner skala besar berkembang dengan cepat, untuk alasan efisiensi pertanian. Pengolahan dalam dan pengolahan menggunakan alat pengolah lain saat itu menciptakan sejarah pengolahan tanah paling intensif sepanjang masa.

Istilah pengolahan tanah konvensional mengacu pada pengolahan tanah pada era ini, bukan pada era sebelumnya. Karakteristik pengolahan tanah pada era ini adalah

- a. pengolahan tanah sangat intensif, secara horisontal tanah yang diolah mencakup seluruh permukaan tanah, secara vertikal tanah yang diusik mencapai kedalaman 30 sampai 50 cm
- b. alat yang digunakan adalah alat berat sehingga memadatkan tanah
- c. laju dekomposisi bahan organik sangat tinggi sehingga terjadi pemiskinan karbon organik tanah di satu pihak, dan di pihak lain pelepasan karbon dioksida menimbulkan efek rumah kaca.

Meskipun penelitian jangka pendek menunjukkan bahwa produksi tanaman merespon secara positif terhadap pengolahan konvensional, namun jangka panjang berpengaruh merugikan produksi tanaman karena kerusakan tanah yang ditimbulkannya.

Pada umumnya pengolahan dilakukan dua kali yaitu pengolahan primer dengan bajak untuk membongkar tanah sampai dalam yaitu 30 sampai 50 cm, diteruskan dengan pengolahan sekunder untuk menggemburkan tanah sampai kedalaman tertentu yaitu 10 sampai 15 cm. Alat-alat seperti a) bajak singkal (moldboard plow), b) bajak piring ('standard' dan 'vertical discplow'), c) 'subsoiler', d) garu piring, e) 'rotary tiller', menjadi alat standar dalam pengolahan tanah pada era ini. Meskipun alat ini tidak menjadi monopoli pengolahan tanah pada era ini. Berikut ini adalah alat-alat pengolahan yang berkembang pada era ini.

### a) Bajak Singkal

Bajak singkal memotong tanah secara horisontal dan vertikal, membalik tanah dengan sudut tertentu tergantung alat bajaknya, pada umumnya membalik antara  $135^{\circ}$  –  $180^{\circ}$  sambil memindahkannya ke depan/arrah jalannya alat. Residu tanaman dan gulma dikubur secara sempurna oleh alat ini. Gill dan Mc Creery (1960) meneliti beberapa alat pengolah tanah, dan menyimpulkan bahwa alat yang paling efisien dalam memecah tanah untuk kedalaman 30 cm adalah bajak singkal. Pengukuran efisiensi, didekati dengan menghitung ratio kekuatan tanah ( $W_s$ ) terhadap kekuatan traksi alat ( $W_t$ ). Kekuatan tanah diukur dengan cara menjatuhkan gumpalan tanah dari beberapa ketinggian. Energi minimum yang mampu memecah bongkahan tanah tadi merupakan nilai kekuatan tanah. Nichols dan Kummer (1932) meneliti proses terjadinya pemecahan tanah oleh alat bajak singkal. Awal pemecahan tanah terjadi akibat tekanan geser primer dan sekunder pada bidang lengkung bajak singkal.

Modifikasi tanah daerah perakaran mendorong penciptaan alat untuk pengolahan dalam. Bajak singkal berukuran besar berkembang pesat untuk keperluan pengolahan dalam, sehingga dibutuhkan kekuatan traksi besar. Kira-kira 30% daya yang dipakai untuk menarik (draf) bajak singkal adalah untuk mengatasi gaya gesek (friksi) antara tanah dengan permukaan bajak (Wismer, dkk., 1963), penggunaan bahan dengan friksi kecil untuk membuat bajak singkal dapat mengurangi kekuatan tarik (draf) bajak. Cooper dan Mc Creery (1961) menunjukkan bahwa melapisi bajak dengan bahan teflon, dapat mengurangi draf bajak sampai 23%, karena berkurangnya friksi. Fox dan Bockhop (1965) menyimpulkan bahwa lapisan teflon atau teflon diisi bahan gelas yang dilapiskan pada bajak, dapat mengurangi draf alat antara 6 sampai 38%, tergantung kepada kadar liat dan kadar air tanah saat diolah. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa bahan teflon atau teflon diisi gelas 10 kali lebih cepat rusak dibandingkan dengan bahan baja tahan karat. Wismer dkk. (1968) meneliti kekuatan teflon untuk bajak singkal, menyimpulkan bahwa untuk mengolah lahan berpasir seluas 20 ha atau lahan berliat seluas 150 ha, alat bajak berlapis teflon kehilangan ketebalan pelapis 0,5 cm teflon.

Orang berusaha menggunakan bajak singkal untuk mencampur bahan organik dalam tanah. Hulburt dan Menzel (1953) melakukan percobaan pencampuran pupuk ke dalam tanah menggunakan bajak singkal. Pupuk berbentuk butiran yang disebar di permukaan sebelum pengolahan dengan bajak singkal menghasilkan pencampuran yang kurang memuaskan karena sebagian besar pupuk tersebar di dasar olah. Pencampuran yang dilakukan dengan menyebar setengah bagian sebelum pembajakan, dan setengah yang lain setelah pembajakan atau bersama-sama dengan pengolahan, memberikan pencampuran homogen secara vertikal, tetapi tidak secara horisontal, dibandingkan dengan pengolahan menggunakan 'rotary tiller'

#### b) Bajak Piring (disc plow)

Bajak piring berbentuk piring/cakram yang dipasang membentuk sudut terhadap arah tarik. Posisi cakram terhadap permukaan tanah ada dua, yaitu yang pertama dipasang membentuk sudut miring, yang dikenal dengan bajak piring standar, dan yang kedua dipasang vertikal disebut dengan bajak piring vertikal (Bowen 1987).

Bajak piring standar mempunyai ukuran yang lebih besar, memerlukan draf yang lebih besar dibandingkan dengan bajak singkal. Hasil olahan memberikan permukaan (surface roughness) yang kasar, dan menghasilkan pemecahan tanah yang tidak seragam. Untuk dapat menembus tanah, bajak piring perlu diberi tekanan, sehingga konstruksinya dibuat berat, tidak seperti bajak singkal yang kalau ditarik akan masuk ke tanah oleh tarikan ke depan. Konstruksi yang berat ini, mendorong terjadinya kepadatan tanah dibawah dasar olah. Bajak piring tidak membalik tanah sehingga residu tanaman tidak terkubur beberapa tertinggal di permukaan, dan biasa dipakai untuk tanah berbatu, banyak bekas tunggul, terlalu lembab, atau tanah berliat, dimana bajak singkal sulit dioperasikan. Pada kondisi normal penggunaan bajak singkal lebih menguntungkan.

Bajak piring vertikal mempunyai ukuran lebih kecil daripada yang standar, biasanya dipakai untuk pengolahan dangkal pada lahan semusim. Di Kanada dan Amerika bajak ini biasa digunakan untuk lahan wheat (Kepner dkk., 1978). Hasil olah alat ini membentuk alur mirip dengan hasil olah menggunakan 'ridger'.

### c) 'Subsoiler'

Subsoiler konvensional berbentuk balok yang ditajamkan ujungnya (disebut 'foot') sehingga membentuk mata pahat. Kemiringan penajaman foot bervariasi dari 20° sampai 45°. Hasil olah yang diharapkan adalah jejak olah yang berupa tanah gembur sepanjang jalur olah, berpenampang segitiga samakaki dengan puncak segitiga terletak di bawah yaitu pada dasar olah oleh jejak foot, dan pada dasar olah tersebut terbentuk penampang segiempat dengan lebar sama dengan lebar foot, yang disebut slot. Alat tertentu pada kondisi tanah tertentu mempunyai kedalaman olah kritis tertentu (Spoon and Goldwin, 1978). Kalau kedalaman olah lebih kecil dari kedalaman kritis maka tidak akan terbentuk slot, hanya terbentuk bekas olah berupa tanah gembur berpenampang segitiga samakaki, dengan lebar olah (alas segitiga) kurang optimum, sebaliknya kalau kedalaman olah lebih besar dari kedalaman kritis, maka yang terbentuk adalah bekas olah berupa slot yang dalam dengan sedikit tanah gembur yang berpenampang segitiga samakaki, dengan lebar olah lebih sempit.

Subsoiler konvensional dimodifikasi dengan memasang sayap dan pisau pengendali dangkal. Keuntungan bentuk yang dimodifikasi adalah untuk mengurangi kemungkinan hasil olah membentuk slot dalam, karena operasi subsoiler yang dimodifikasi cenderung membentuk hasil olah membentuk tanah gembur berpenampang segitiga samakaki.

Subsoiler menunjukkan kinerja olah yang baik pada kondisi tanah agak kering. Pada kondisi kapasitas lapang, kalau kecepatan tarik normal, akan cenderung membentuk slot yang dalam, sedangkan lapisan gembur yang terbentuk tidak optimum, pembentukan hasil olah yang baik dapat dicapai dengan menambah kecepatan tarik (Boschoff, 1973).

### d) Garu Piring

Garu piring digunakan untuk mengolah tanah sekunder (untuk menghaluskan tanah). Alat terdiri dari beberapa cakram yang dipasang searah dengan arah tarik alat, dan vertikal terhadap permukaan tanah. Ukuran cakramnya lebih kecil dibandingkan dengan bajak piring vertikal. Cakram dapat dipasang dengan cara yang memungkinkan dapat bebas berputar, atau dipasang supaya tidak berputar selama operasi pengolahan. Cakram yang bebas berputar cocok digunakan pada tanah yang berbatu atau banyak tunggul kayu, daya hancur alat terhadap tanah kecil. Cakram yang dipasang supaya tidak bebas berputar mempunyai daya hancur tanah yang tinggi, memerlukan draf yang besar daripada cakram bebas berputar.

Garu piring yang dipasang tidak berputar seringkali dimodifikasi lagi dengan menyambungkan as garu kepada 'Power Take Off (PTO)' traktor sehingga berputar sesuai dengan putaran mesin. Percobaan menggunakan cakram semacam ini menunjukkan bahwa, dengan kecepatan sampai 9 km/jam kekuatan tarik yang digunakan akan lebih kecil dibandingkan dengan cakram yang bebas berputar, karena putaran cakram ikut mendorong alat, namun kalau kecepatannya lebih dari 9 km/jam, maka kekuatan yang digunakan lebih besar dibandingkan dengan cakram yang bebas berputar (Young, 1975).

#### e) Rotary Tiller

Aksi rotary tiller meniru aksi beberapa cangkul kecil, yang digerakkan oleh kekuatan memutar. Gerakan memutar ini diperoleh melalui putaran sumbu yang dihubungkan ke mesin, biasanya melalui 'power take off (PTO)'. Untuk efektivitas operasi alat ini, kecepatan tarik yang biasanya digunakan adalah di bawah 8 km/jam. Pada kecepatan ini putaran rotary tiller membantu mendorong traktor, kalau kecepatan tarik lebih dari 9 km/jam maka kekuatan gigit pisau rotari berkurang sehingga rotary hanya bekerja seperti roda sayap / 'fly wheel'.

Dengan desain rotary tiller pada umumnya, hasil olah cenderung terlalu halus. Untuk operasi rotary tiller yang baik, dibutuhkan pemahaman mengenai kedalaman gigit pisau rotari, kecepatan tarik, dan kecepatan putar rotari (Wismer, dkk., 1968).

### **PENGOLAHAN TANAH KONSERVASI.**

Penurunan kualitas tanah pertanian yang terjadi setelah era mekanisasi pertanian, menjadi fakta yang umum di seluruh dunia. Sebagian ahli menganggap pengolahan tanah intensif bertanggung jawab atas kerusakan lahan. Saran untuk mengurangi intensitas pengolahan memunculkan konsep pengolahan tanah tidak intensif ('reduced tillage'). yang mencakup pengolahan minimum ('minimum tillage), pengolahan alur ('ridge tillage'), pengolahan jalur ('strip tillage'), pengolahan celah ('slit tillage'), pengolahan tanpa membalik tanah (non-inversion tillage'), pengolahan mulsa (.mulch tillage.) dan tanpa olah ('zero/no tillage'). Para peneliti pengolahan tanah tahun 1970 an memusatkan perhatian penelitiannya mengenai metode-metode pengolahan tanah yang tidak merusak tanah dengan melibatkan pengelolaan residu (So HB., dkk., 2001).

Pengolahan tanah konservasi merupakan terminologi umum yang digunakan untuk mendeskripsikan pengolahan tanah yang dapat menjaga kelestarian alam. Membiarkan minimum 30% permukaan tanah tertutup oleh residu tanaman, tanpa mempertimbangkan bagaimana tanah diolah, dipakai sebagai acuan pengolahan tanah konservasi. Erenstein (1999) menyatakan bahwa pemberian nama pengolahan tanah konservasi, untuk praktek penyiapan lahan dengan membiarkan penutupan 30% permukaan tanah adalah kurang tepat, karena praktek ini lebih mendeskripsikan sebagai kegiatan pemulsaan menggunakan residu tanaman.

Fowler dan Rockstrom (2001) mendeskripsikan pengolahan konservasi dengan lebih menekankan kepada minimisasi pengusikan tanah, tanpa mempertimbangkan jenis alat yang digunakan. Pengolahan tanah tidak penuh ('reduced tillage') bahkan tanpa olah (zero atau no-tillage) menjadi alternatif yang ditawarkan untuk memecahkan masalah kerusakan lahan. Beberapa contoh pengolahan tanah konservasi diuraikan di bawah ini.

### **PENGOLAHAN LAJUR (STRIP TILLAGE) DAN PENGOLAHAN ALUR (RIDGE TILLAGE).**

Pengolahan lajur seringkali disamakan dengan pengolahan alur. Kedua metode ini menggemburkan tanah pada lajur-lajur yang akan ditempati baris tanaman, sedangkan pada lajur-lajur antar baris tanaman, tanah dibiarkan tidak terusik, dan ditutup dengan

residu tanaman. Orang membedakan pengolahan lajur dan pengolahan alur, dengan menganggap bahwa pada pengolahan alur, baris tanaman tidak pernah berpindah dari musim pertanaman yang satu ke pertanaman yang lain, sedangkan pada pengolahan lajur, baris tanah yang diolah berpindah.

Hanna M., and M. J. Tidman (2000) menganggap pengolahan lajur sebagai perpaduan keuntungan tanpa olah (pada antar lajur) dan pengolahan penuh pada baris tanaman. Lajur yang diolah menciptakan lajur-lajur yang mempunyai permukaan 3-4 inchi lebih tinggi (upheaval) dari pada permukaan antar baris pada saat diolah, namun kemudian kembali rata pada masa pertanaman.. Lebar lajur dan antar diatur sesuai dengan kebutuhan.

Studi oleh Raimbault (1991) menunjukkan bahwa produksi jagung petak yang diolah dengan pengolahan lajur lebih rendah dibandingkan dengan petak yang diolah dengan pengolahan konvensional. Rendahnya hasil pada petak pengolahan lajur terjadi karena pertumbuhan gulma yang subur. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh Hanna dan Tidman (2000) yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan hasil kedelai dan jagung antara lahan yang diolah secara konvensional dengan pengolahan lajur. Pengolahan lajur memerlukan biaya yang lebih sedikit dibandingkan dengan pengolahan konvensional.. Peneliti lain (Stewart, 2002) menunjukkan bahwa hasil jagung dengan pengolahan lajur lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa olah, dan tidak berbeda dengan pengolahan konvensional.

### **PENGOLAHAN CELAH (SLIT TILLAGE)**

Pengolahan celah merupakan konsep baru yang dikembangkan di Lancaster, Pennsylvania (Jarret and Hamlett, 2003). Operasi pengolahan ini dilakukan dengan menggunakan bajak pahat yang dimodifikasi, dengan 5 mata pahat berukuran lebar 2 in, dipasang dengan jarak masing-masing mata pahat selebar 30 in, ditarik dengan kecepatan 4 mil per jam, dibantu dengan coulter berbentuk cakram yang dipasang di muka masing-masing pahat. Coulter dipakai untuk mengarahkan dan mengiris tanah di antara baris tanaman yang sudah dipanen (lajur yang diolah berpindah, bukan pada baris tanaman sebelumnya). Kedalaman olah antara 12 – 15 in. Hasil olah membentuk konfigurasi seperti hasil olah alur, dengan lebar tanah terolah lebih sempit, dan lebih dalam.

Penelitian mengenai pengolahan celah ini sedang dilakukan di stasiun percobaan Russel E. Larson Agriculture Experiment, Rock Spring, negara bagian Pennsylvania. Penelitian dilakukan pada tanah miring, pengolahan dilakukan mengikuti kontur pada lahan yang ditanami jagung terus menerus. Pengolahan dilakukan pada musim gugur setelah batang jagung musim sebelumnya dicacah. Pengolahan ringan dilakukan lagi waktu akan ditanami dengan menggunakan garu cakram dengan kedalaman olah satu sampai 2 in untuk merapikan. Hasil penelitian menunjukkan jumlah air yang tersimpan setara dengan jumlah air yang melimpas selama lima tahun, mampu mengurangi erosi pada tanah-tanah yang ditanami jagung terus menerus melalui peningkatan daya simpan air dan infiltrasi. Hasil panen jagung tidak berbeda nyata dibanding dengan hasil jagung pengolahan konvensional.

## **PENGOLAHAN TANPA MEMBALIK TANAH (NON-INVERSION TILLAGE)**

Pengolahan tanpa membalik tanah merupakan pengembangan 'pengolahan dalam' atau pengolahan menggunakan subsoiler. Seperti halnya pengolahan dalam, pengolahan tanpa membalik tanah menggunakan alat berbentuk bilah pengolah (tine), bedanya adalah ukuran bilah pengolahnya kecil dan ditarik oleh traktor pertanian berukuran kecil (di bawah 60 HP). Hasil olah berbentuk slot yang dalam dan lajur sempit tanah gembur yang nampak di permukaan tanah.

Pengolahan tanpa membalik tanah cocok diterapkan pada tanah-tanah yang mempunyai lapisan kedap, dan ditujukan untuk menyimpan air hujan. Kalau setelah pengolahan tidak ada hujan maka efek pengolahan akan menjadi sebaliknya karena tanah akan kehilangan air dengan cepat.

## **TANPA OLAH**

Tanpa olah merupakan bentuk paling ekstrim dari praktek pengolahan tidak intensif. Konsep ini berkembang dari asumsi bahwa secara alami tanaman dapat subur pada tanah yang tidak diusik. Dengan sistem pertanian tanpa olah benih tanaman langsung ditanam ('direct seeding'). Alat penanam tanpa olah ('no-till planter') berupa coulter pembuka celah tanah diikuti oleh penabur biji ('seeder'). Penelitian menunjukkan respon tanaman yang berbeda-beda terhadap perlakuan tanpa olah.

Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa hasil tanaman tanpa olah lebih rendah dibanding dengan pengolahan lajur atau pengolahan konvensional (Raimbault, 1991; Stewart, 2002). Penurunan hasil pada tanpa olah ini biasanya berkaitan dengan suhu tanah yang lebih rendah, berat volume dan ketahanan penetrasi tanah yang lebih tinggi, masalah alelopati, dan populasi gulma yang meningkat. Peneliti lain menemukan bahwa hasil petak tanpa olah tidak berbeda nyata dengan petak yang diolah (Brula, 2003, Hanna dan Tidman, 2000). Respon yang bagus ini berkaitan dengan kandungan air tanah yang lebih bagus pada petak tanpa olah.

## **KERUGIAN YANG DITIMBULKAN OLEH PENGOLAHAN TANAH**

Beberapa bukti menunjukkan bahwa pengolahan tanah intensif meningkatkan produksi tanaman (Raimbault, 1991; Weill, 2003), meningkatkan kekasaran permukaan, memecah kerak tanah, meningkatkan infiltrasi (Doolette and Smyle, 1990), tetapi pengaruh tersebut bersifat jangka pendek (Awadhwal dan Smith, 1989). Pengolahan tanah juga memacu mineralisasi bahan organik, sehingga mineralisasi Nitrogen dapat dipercepat dan pada jangka pendek meningkatkan hasil (So dkk., 2000). Pada jangka panjang, pengolahan tanah cenderung mempercepat kerusakan tanah. Beberapa dampak jangka panjang pengolahan tanah yang merugikan adalah; a) mengurangi kandungan bahan organik tanah, infiltrasi dan erosi, b) memadatkan tanah, c) meningkatkan emisi CO<sub>2</sub>, dan d) Mengurangi mikrobia tanah.

a) Mengurangi Kandungan Bahan Organik Tanah, Infiltrasi Dan Erosi.

Pengolahan tanah terus menerus mempercepat oksidasi bahan organik tanah, sehingga mengurangi kandungan bahan organik, kestabilan agregat, dan laju infiltrasi (Rovira

dan Greacen, 1957). Haynes dan Goh (1980) menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tanah kebun buah adalah 3,04 % dan 4, 14 % berturut-turut pada petak yang diolah intensif dan petak dengan pengolahan dikurangi. Bouma dan McIntyre (1963) menunjukkan bahwa agregat stabil berdiameter > 1mm tanah lempung berdebu halus kebun jeruk di Griffith adalah 1,95 % pada petak diolah konvensional, 20,22 % pada petak yang tidak diolah, dan 7,20% pada tanah gundul.

Partikel halus hasil olah, pada saat irigasi atau hujan membentuk sisten dispersi yang meningkatkan resiko erosi. Pengurangan bahan organik akibat pengolahan tanah mengurangi populasi biota tanah, sehingga aktivitas dalam agregasi tanah berkurang. Pada lahan kering berlereng kehilangan bahan organik sangat cepat karena disamping kehilangan karbon tanah akibat respirasi, kehilangan juga terjadi karena erosi tanah (So dkk., 2001). Pengurangan intensitas pengolahan tanah dipadukan dengan penambahan bahan organik segar dapat mengkompensasi aktivitas biota tanah dan agregasi tanah (Tisdall dkk, 1978).

#### b) Memadatkan Tanah,

Pemadatan tanah secara langsung terjadi akibat beban alat pengolah tanah, dan pembentukan sistem dispersi akibat irigasi atau hujan setelah pengolahan (Hakansson, dkk., 1988). Pengaruh ini lebih nyata kalau operasi pengolahan dilakukan dibawah kondisi yang kurang tepat. Pengolahan pada kondisi terlalu kering akan menyebabkan hasil olah terlalu halus sehingga mendorong terbentuknya sistem terdispersi, sedangkan pengolahan pada kondisi terlalu lembab menyebabkan efek smearing, baik oleh selip roda traktor maupun oleh geseran alat pengolah.

Secara tidak langsung pengolahan tanah akan mengurangi kandungan bahan organik sehingga dapat menyebabkan terbentuknya tanah yang mengeras alami ('hard setting soil') (Mullins dkk, 1978). Kandungan bahan organik yang rendah menyebabkan agregasi tanah rendah, tanah semacam ini secara alami cenderung mampat.

#### c) Meningkatkan Emisi CO<sub>2</sub>

Konsentrasi gas-gas rumah kaca utama yaitu CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O, menunjukkan kenaikan tajam akibat aktivitas manusia (Lal, 2001). Sebelum revolusi industri konsentrasi CO<sub>2</sub> dilaporkan 280 ppmv meningkat menjadi 365 ppmv pada 1965. Konsentrasi CH<sub>4</sub> meningkat antara 0,8 sampai 1,74 ppmv per tahun. Konsentrasi N<sub>2</sub>O meningkat dari 288 menjadi 311 ppbv atau meningkat dengan laju 0,25 per tahun. Di daerah cornbelt USA barat, kehilangan C organik akibat respirasi melebihi kehilangan akibat erosi. So dkk (2000) menunjukkan bahwa kehilangan CO<sub>2</sub> selama 4 hari pada awal musim pertanaman pada tanah yang selalu lembab, setara dengan 90 kg dan 950 kg per hektar bahan organik berturut-turut untuk tanah bertekstur liat dan lempung berpasir.

#### d) Mengurangi Biota Tanah

Cacing tanah merupakan biota tanah penting untuk indikator kesehatan tanah (Hurni, 1996). Di Brazilia, petani yang menerapkan sistem tanpa olah membuat asosiasi bernama 'Clube da Minhoca' atau Earthworm Club. Pengurangan populasi cacing tanah dapat mencapai 2,5 sampai 6 kali akibat pengolahan tanah.

Brown,dkk (2002), menyimpulkan bahwa populasi cacing tanah pada sistem tanpa olah 5 kali lebih tinggi dibandingkan pada pengolahan konvensional. Lebih jauh penelitian menyarankan bahwa cacing tanah di masa mendatang merupakan aspek manajemen yang murah untuk diterapkan dalam sistem pertanian berkelanjutan

## **PENGOLAHAN TANAH SEBAGAI SUATU ILMU**

Komponen suatu ilmu mencakup data, teori, prinsip (Ratzsch, 1996). Data adalah bukti-bukti yang dikumpulkan melalui sistematika tertentu, merupakan bagian dari teori. Teori secara umum mempunyai dua bentuk yaitu teori fenomenologis dan teori eksplanatori. Teori fenomenologis merupakan generalisasi data empiris, misalnya hukum Newton 3 ‘kalau ada aksi maka akan ada reaksi’, sedangkan teori eksplanatori menjelaskan suatu fakta empiris, bukan menggeneralisasikan, misalnya teori atom. Prinsip merupakan agregasi dari teori yang sudah berkembang. Fakta empiris pada awal perkembangan sains pengolahan tanah membentuk teori pengolahan tanah intensif, sedangkan fakta pada era selanjutnya membentuk teori pengolahan minimum. Kedua teori tadi menghasilkan prinsip pengolahan tanah konservasi.

Teori dan prinsip dihasilkan oleh proses metode ilmiah (‘scientific method’), satu ciri metode ilmiah adalah akan memberikan hasil yang serupa atau ‘reproducible’, meskipun kenyataannya tidak seperti itu, sebagaimana yang terjadi pada sains pengolahan tanah. Hasil yang tidak ‘reproducible’ terjadi apabila metode ilmiah mengabaikan filsafat sains (Schick, 1997). Metode ilmiah berkembang mulai abad 17, dengan diperkenalkannya Induktivisme Baconian (Goodstein, 1992). Induksi dilakukan dengan melakukan observasi sebanyak-banyaknya, kemudian menggeneralisasikan data, menjadi teori. Cara ini banyak kelemahannya karena dalam menggeneralisasi data diperlukan pra-konsepsi. Selain itu teori eksplanatori sulit ditemukan dengan cara induksi, karena data untuk teori eksplanatori sering tidak teramati (‘not observable’) (Ratzsch, 1996).

Sir Isaac Newton mengembangkan ‘hypotetico-deductivism’ (nama metode ini diberikan oleh orang lain di kemudian hari) (Ratzsch, 1996). Deduksi dilakukan pertama dengan membuat hipotesis, kemudian data dikumpulkan untuk verifikasi hipotesis. Data empiris dapat menjelaskan (‘confirming’), dapat pula menyanggah (‘falsifying’) hipotesis. Metode ini mengandung kelemahan karena setiap teori dapat didukung oleh jumlah fakta empiris yang tidak terbatas, sementara kita tidak mampu menguji semua kemungkinan hasil yang terjadi, sehingga terjadi ‘fallacy of affirming conclusion’ (Schick, 1997).

Karl Popper mengembangkan falsifikasi popperian (Glasner, 1995). Popper yakin bahwa hipotesis harus dibuat lebih dahulu untuk memulai investigasi ilmiah (berbeda dengan induktivisme), data yang dikumpulkan harus selektif. Falsifikasi Popperian menyarankan kalau dalam penelitian prediksi hipotesis tidak sesuai, maka preconsepsi teori dianggap tidak benar.

Penelitian pengolahan tanah mengikuti prinsip falsifikasi popperian, namun selektivitas data yang diterapkan seringkali sudah terpancang kepada preconsepsi teori dalam hipotesis yang dikemukakan. Tidak heran kalau hasil penelitian pada satu era cenderung mendukung teori tertentu, misalnya pada era pengolahan intensif,

sebagian besar hasil penelitian mendukung teori ini. Hal seperti ini yang sering menjadi kritik terhadap falsifikasi popperian ini (Wolpert, L. 1996)

## KESIMPULAN

Ilmu pengolahan tanah berkembang secara evolusi dari waktu ke waktu, dari pengolahan minimum karena keterbatasan alat, berkembang menjadi pengolahan intensif karena tuntutan efisiensi, berkembang lagi menjadi pengolahan konservasi karena tuntutan sistem pertanian berkelanjutan. Fakta-fakta empiris dari waktu ke waktu membentuk teori yang berkembang sesuai dengan waktu data dikumpulkan. Teori pengolahan intensif dianggap benar dengan dikonfirmasi oleh data empiris waktu itu. Pada waktu selanjutnya ternyata teori pengolahan intensif ini disanggah oleh fakta baru, yang akhirnya melahirkan teori pengolahan tanah kurang intensif ('reduced tillage'). Kedua teori tersebut akhirnya melahirkan prinsip pengolahan tanah konservasi.

Sain dapat berkembang terus kalau peneliti tidak hanya mengembangkan metode ilmiah saja, tetapi perlu juga didukung oleh filsafat ilmu. Tugas para peneliti adalah mengumpulkan bukti-bukti baru. Tidak ada bukti (absence of an evidence) bukan merupakan bukti ketiadaan (an evidence of absence). Bukti yang belum ada saat ini dapat ditemukan di saat lain

## DAFTAR PUSTAKA

- Awadhwal N. K. and G. D. Smith, 1989. New Implements to Improve Crop Production in the Semi Arid Tropics. ICRISAT Information Bulletin, No 27
- Boschoff, B. V. D., 1973. The Selection and Use of Subsoilers. Official Test Report. 7322-7328. Div. Agr. Eng. Silverton, Transvaal, Rep of South Africa.
- Bouma D. and G. A. McIntyre (1963). A Factorial Experiment with Citrus. *J. Hort Science*. 38, 175
- Bowen, H. D., 1987. Alleviating Mechanical impedance. North Carolina State University, Raleigh, NC 27607
- Brown, G. G., N. P. Benito, A. Pasini, K. D. Sautter, M. F. Guimaraes, and E. Tores, 2002. No-Tillage Greatly Increases Earthworm Population in Parana State, Brazil. The 7th International Symposium on Earthworm Ecology, Cardiff, Wales.
- Brula, M. I. 2003. Zero tillage for economical production. Punjab Water Management.
- Cooper, A.W. and W. F. Mc Creery 1961. Plastic Surface for Tillage Tools. Paper No. 61-649. ASAE St Joseph. MI 49085
- Doolette, J. B. and J. W. Smyle, 1990. Soil and Moisture Conservation Technologies: Review of Literature. Woodbank Technical Paper on Watershed Development in Asia, 127, 35-69.
- Fowler, R. dan Rocksrom, J., 2001. Conservation Tillage For Sustainable Agriculture An Agrarian Revolution gathers Momentum In Africa. *Soil & Tillage Research*. 61, 93-107
- Fox, W. R. And C. W. Bockhop (1965). Characteristics of a Teflon-Covered Simple Tillage Tool. *Transaction of The ASAE* 8(2):227-229
- Gill, W. R. and W. F. Mc Creery (1960). Relation of Size of Cut to Tillage Tillage Tool Efficiency. *Agricultural Engineering* 41:372-374

- Glasner, D. 1995. Karl Popper, critical rationalist. (modern philosopher) *National Review*, Vol. 47, December 25, 1995; pp 46(4)
- Goodstein, D. 1992. What do we mean when we use the term 'science fraud'? *Scientist*, March 2, 1992; pp 11+
- Hakansson, I., W. B. Voorhees, H. Riley, 1988. Vehicle and Wheel Factors Influencing Soil Compaction and Crop Responses in Different Traffic Regimes. *Soil Till. Res.* 11, 239-282.
- Hanna M., and M. J. Tidman (2000). *Tillage Management Critical To Profit*. University Of Iowa
- Haynes, R. J. and K. M., Goh (1980). Seasonal Level of Available Nutrients under Grass-down, Cultivated, and Zero-tilled orchard Soil Management Practice. *Aust. J. Soil Res.* 18, 363
- Hillel, D. 1991. *Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil*. The Free Press, New York
- Hillel, D. 1994. *Rivers of Eden*. Oxford University Press. New York.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press. San Diego. CA.
- Hulburt, W. C. and R. G. Menzel, 1953. Soil Mixing Characteristics of Tillage Implement. *Agricultural Engineering*, 34: 702-704.
- Hurni, H., 1996. *Precious Earth: From Soil and Water Conservation to Sustainable Land Management*. Int Sil Org, and Centre for Environment Development. Berne Switzerland
- Jarrett, A. R., and J. M. Hamlett, 2003. *Slit Tillage*. Agr. Eng Dept. Pennsylvania
- Kepner, R. A., R. Bainer, and E. L. Barger, 1978. *Principle of Farm Machinery*. 3rd Edition. AVI Publishing Co. Inc. Westport. CT.
- Kouwenhoven, JK., 1982. Mechanization of Soil Tillage in the Tropics. *Proc. Int. Congr. Agricultural Mechanization in the Tropical and Developing Countries*. RAI Amsterdam (1982) 41-54
- Kouwenhoven, JK and Kroesbergen, B. 1986. *Soil Tillage Practical Manual*. Tillage Laboratory of Wageningen Agriculture University
- Lal, R. 2001. Thematic Evolution of ISTRO: Transition in Scientific Issues and Research Focus From 1955 to 2000. *Soil Tillage Research* 61 3-12.
- Mullins, C. E. D.A. MacLeod, K. H. Northcote, J. M. Tisdall, and I. M. Young, 1978. *Root Zone Modification: Hard Setting Soil: Behaviour, Occurrence, and Management*. Inkata Press, Melbourne and Sydney.
- Nichols, M. L. and T. H. Kummer (1932). The Dynamic Properties of Soil: IV. A. Method of Analysis of Plow Moldboard Design Based on Dynamic properties of Soil. *Agriculture Engineering* 13(11):279-285
- Raimbault, B.A.; T.J. Vyn, M. Tollenaar, 1991. Corn response to rye cover crop, tillage methods, and planter options. *American Society of Agronomy. Agronomy journal* v. 83 (2): p. 287-290; 1991
- Ratzsch, D. 1996. *The Battle of Beginnings: Why Neither Side is Winning the Creation- Evolution Debate*. Downers Grove, Il.: InterVarsity Press, 124-127
- Rovira, A. D. and E. L. Greacen, 1957. The Effect of Aggregate Disruption on the Activity of Microorganism in the Soil. *Aust J. Agr. Res.* 8 659
- Schick, T. Jr. 1997. The end of science?. *The Skeptical Inquirer*, No. 2, Vol. 21, March 13,; p. 36 <http://www.best.com/~dolphin/scimyth.html> [Accessed September 16, 1999]
- So, HB, R. Dalal, Y. K. Chan, N. M. Menzies, D. Freebairn, 2000. *Stubble Mulch Management for Sustainable Agriculture*. Proceeding of X International Soil Conservation Org Conference. Purdue University, Indiana.

- So, HB., Kirchof, G., Bakker, R., dan Smith, GD., 2001. Low Input Tillage/Cropping System for Limited Resource Areas. *Soil & Tillage Research*. 61, 109-123
- Spoor, J. and R. J. Goldwin, 1978. An Experimental investigation into the Deep Loosening of Soil by Rigid Tine. *J. Agr. Engineering Res*, 23:243-258.
- Tisdall, J. M., B. Cockroft, and N. C. Uren. 1978. The Stability of Soil Agregate as Affected by Organic Material, Microbial Activity, and Physical Disruption. *Aust. J. Soil Res*. 16:9.
- Tisdale, S. L. and W. L. Nelson, 1966. *Fertility and Fertilizers*, 3rdEdition. Mc Millan New York.
- Troeh, F.R., J. A. Hobb, and R. L. Donahue, 1984. *Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Production*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Weill, A. 2003. Conservation tillage : problems and solutions. Agr Eng Res Center Ontario, News letter 1.
- Wismer, R. D., E. L. Wegscheid, H. J. Luth, and B. E. Romig, 1963. Energy Application in Tillage and Earth Moving. *Soc. Auto. Engr. Trans*. 77: 2486-2494
- Wolpert, L. 1996. "Hypotheses." *Independent on Sunday*, April 14, 1996
- Young, P. E., 1975. A Machine to Increase Productivity of a Tillage Operation. ASAE Paper No 75-7503. ASAE St Joseph MI 49085