

I. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Kondisi Umum Air Tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk didalam retak-retak dari batuan yang terdahulu disebut air lapisan dan yang terakhir disebut air celah (*fissure water*) (Mori dkk., 1999). Keberadaan air tanah sangat tergantung besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap kedalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi litologi (batuan) dan geologi setempat. Kondisi tanah yang berpasir lepas atau batuan yang permeabilitasnya tinggi akan mempermudah infiltrasi air hujan kedalam formasi batuan. Dan sebaliknya, batuan dengan sementasi kuat dan kompak memiliki kemampuan untuk meresapkan air kecil. Dalam hal ini hampir semua curah hujan akan mengalir sebagai limpasan (*runoff*) dan terus ke laut. Faktor lainnya adalah perubahan lahan-lahan terbuka menjadi pemukiman dan industri, serta penebangan hutan tanpa kontrol. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi infiltrasi terutama bila terjadi pada daerah resapan (*recharge area*) (Usmar dkk., 2006).

Bumi memiliki sekitar 1,3 -1,4 milyar km² air, yang terbagi atas laut sejumlah 97,5%, dalam bentuk es sejumlah 1,75% dan sekitar 0,73% berada di darat. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalir ke daerah yang lebih rendah dan masuk ke sungai akhirnya mengalir sampai ke laut, dalam perjalanan air tersebut sebagian akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan ada pula yang menguap kembali.

Air tanah ialah air yang melekat pada butir-butir tanah, air yang terletak diantara butir-butir tanah tanah lempung yang amat halus atau padat yang sukar ditembus air.” Dari definisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa air tanah adalah air yang tersimpan dalam ruang antar butir tanah yang dibatasi oleh formasi geologi dan struktur batuan yang sukar ditembus air (Daryanto, 2004). Lapisan dimana air tanah dapat dengan mudah melaluinya disebut lapisan permeabel seperti lapisan pasir atau lapisan krikil. Lapisan impermeabel terbagi atas dua jenis yakni lapisan yang kebal air (*aquifuge*) seperti lapisan batuan (*rock*) dan lapisan kedap air (*aquiclude*) seperti lapisan lempung atau lapisan silt.

Lapisan permeabel yang jenuh dengan air tanah disebut juga akuifer (lapisan pengandung air). Air terkekang merupakan air tanah dalam akuifer yang tertutup dengan lapisan impermeabel yang mendapat tekanan. Air tanah bebas adalah air tanah dalam aquifer yang tidak tertutup dengan lapisan impermeabel.

Air tanah dapat menyebabkan beberapa hal yang merugikan, yaitu mempercepat proses pemiskinan hara dalam tanah sebagai akibat proses pencucian yang terjadi secara intensif, mempercepat proses perubahan horizon dalam tanah akibat terjadinya evaluasi dari lapisan tanah atas ke lapisan tanah bawah dan menghambat aliran udara ke dalam tanah apabila dalam kondisi jenuh air yang menjadikan ruang pori secara keseluruhan terisi air sehingga mengganggu respirasi dan serapan hara oleh akar tanaman, serta menyebabkan perubahan reaksi tanah dari reaksi aerob menjadi reaksi anaerob.

Menurut Hardjowigeno (1987) bahwa air terdapat dalam tanah kerana ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi. Jika proses kehilangan air dibiarkan berlangsung terus, pada suatu saat akhirnya kandungan air tanah sedemikian rendahnya sehingga energi potensialnya sangat tinggi dan mengakibatkan tanaman tidak mampu menggunakan air tersebut. Hal ini ditandai dengan layunya tanaman terus menerus, oleh karena itu keadaan air tanah pada keadaan ini disebut titik layu permanen.

1.2. Kapasitas Air Tersedia

Konsep penyediaan air dalam jumlah yang cukup dan seimbang untuk pertumbuhan tanaman adalah kandungan air antara kapasitas lapangan dan titik layu permanen, disebut air tersedia. Kebutuhan atau pengelolaan air didasarkan pada keseimbangan massa dan energi dengan mempertimbangkan kondisi iklim, stadium pertumbuhan tanaman dan sistem perakaran, kondisi air di dalam penampang tanah, serta sifat sifat hidrolis tanah.

Batas atas nilai kandungan air yang dapat ditahan oleh tanah, yaitu pada saat proses pelepasan air dari dalam pori-pori tanah berhenti atau mencapai kecepatan

yang dapat diabaikan disebut kapasitas lapangan. Sedangkan batas bawah nilai kandungan air di dalam tanah, yaitu pada saat tanah tidak mampu lagi melepaskan air bagi tanaman, atau akar tanaman tidak mampu lagi mengisap air dari dalam pori-pori tanah untuk mempertahankan turgornya, disebut titik layu permanen. Dalam kondisi kandungan air tanah seperti itu, tanaman menjadi layu dan pada akhirnya mati. Oleh sebab itu, mengetahui kapasitas air lapangan dan titik layu permanen sangat bermanfaat bagi para petani dalam menentukan waktu pemberian air irigasi guna memenuhi kebutuhan air tanamannya.

1.2.1. Kapasitas Lapang

Kapasitas lapang adalah kandungan air di dalam tanah, biasanya dicapai 2 atau 3 hari sejak terjadi pembasahan atau hujan, dan setelah proses drainase berhenti. Definisi tersebut berlaku untuk penampang tanah homogen dan tidak terjadi penguapan dari permukaan tanah. Bila tanah dalam keadaan kering, pemberian air ditujukan untuk membasahi tanah sampai mencapai kapasitas lapangan khususnya di sekitar daerah perakaran tanaman.

Kandungan air tanah pada kapasitas lapangan sangat tergantung pada berbagai macam factor diantaranya tekstur tanah, kandungan air tanah awal, dan kedalaman permukaan air tanah. Kandungan air tanah berkurang secara eksponensial menurut waktu, namun 2-3 hari setelah drainase selesai, perubahan kandungan air tanah masih relatif besar dan pergerakan air melalui drainase masih berlangsung

1.2.2. Titik Layu Permanen

Titik layu permanen adalah kandungan air tanah dimana tanaman sepenuhnya layu, karena tidak mampu lagi mengembalikan fungsi turgor dan aktivitas biologisnya. Ketika tanaman layu, kandungan air di dalam daun mencapai nilai tertentu, tergantung jenis tanaman dan stadium pertumbuhannya, serta kondisi lingkungan.

Titik layu permanen pada awalnya diketahui dari percobaan penanaman tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L) dan gandum (*Triticum aestivum* L). Tanaman bunga matahari tumbuh kerdil mengindikasikan kandungan air tanahnya mendekati titik layu permanen. Cara ini menuai berbagai kritik karena kondisi iklim

yang berbeda dapat menyebabkan nilai kandungan air pada titik layu permanen juga berbeda. Selain itu, kehilangan air melalui transpirasi berlangsung cepat meskipun sedikit tergantung pada kandungan air tanah. Oleh sebab itu kandungan air tanah yang diukur tidak menggambarkan kondisi aktual stadium layu.

Dalam menentukan titik layu permanen harus mempertimbangkan kondisi iklim aktual, potensial osmosis, perilaku fisiologis tanaman, dan sifat-sifat hidrolik tanah tidak jenuh. Richards dan Weaver (1943) menetapkan nilai matriks potensial tanah-air pada titik layu permanen tanaman bunga matahari sebesar - 1,5 MPa. Hasil-hasil penelitian lain pada berbagai kondisi lingkungan menunjukkan hal serupa (Veihmeyer dan Hendrickson, 1948; Richards dan Wadleigh, 1952; McIntyre, 1974). Namun, nilai matriks potensial - 1,5 MPa dipilih sebagai titik referensi untuk mengetahui tingkat energi tanah-air saat tanaman layu secara permanen.

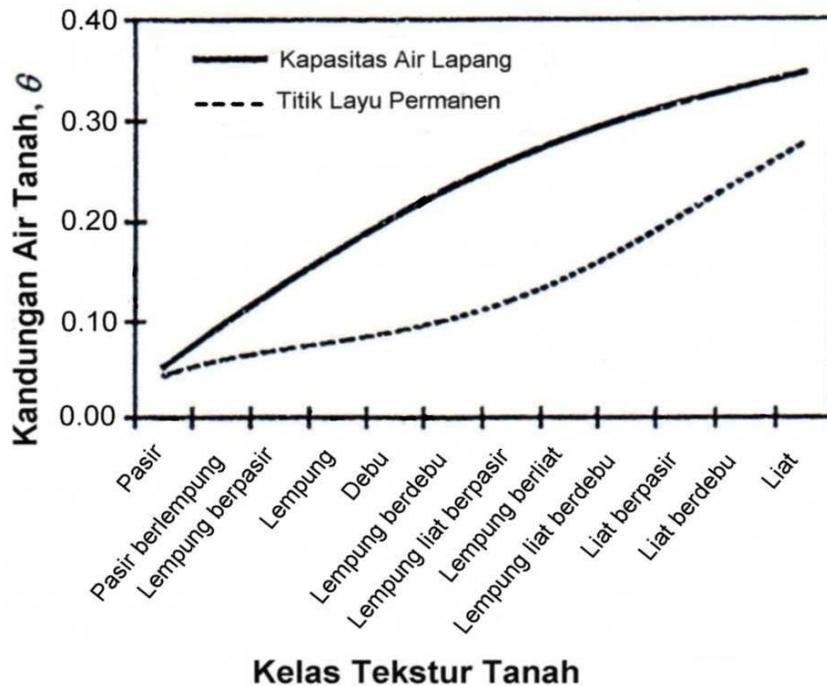
Sifat-sifat retensi air oleh tanah pada matriks potensial air tanah rendah, seperti di daerah kering, variasi nilai kandungan air tanahnya juga rendah. Oleh karena itu, kandungan air tanah pada - 1,5 MPa dapat digunakan sebagai definisi yang sesuai untuk titik layu permanen.

1.2.3. Air Tersedia

Jumlah air maksimum yang tersedia untuk tanaman adalah selisih kandungan air pada kapasitas lapangan dan titik layu permanen yang digambarkan sebagai berikut:

$$AW_{maks} = \square FWC - \square PW \quad (7)$$

dimana AW maks adalah air tersedia, nilainya tergantung tekstur tanah. Gambar 1 menggambarkan nilai kandungan air tersedia pada berbagai tekstur tanah. Indikator yang sesuai untuk air tersedia yang berkaitan dengan kebutuhan transpirasi adalah aliran air kumulatif maksimum



Gambar 1. Kapasitas lapang (garis penuh) dan titik layu permanen (garis putus-putus) sebagai fungsi kelas tekstur tanah

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Air Tersedia

2.3.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir pasir (2 mm- 50 mikro), debu (50-2 mikro) dan liat (2 mikro) di dalam tanah. Kelas tekstur tanah dibagi dalam 12 kelas yaitu: pasir, pasir berlempung, lempung berpasir, lempung, lempung berdebu, debu, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu, liat berpasir, liat berdebu dan liat (Hardjowigeno, 2007). Menurut kartasapoetra (1990) berdasarkan pasir, debu dan liat dibagi dalam 3 golongan atau kelas dasar yaitu: tanah berpasir (*sandy soil*), yaitu tanah dimana kandungan pasirnya >70% yang bila dalam keadaan lembab tanah berpasir terasa kasar dan tidak lekat, termasuk juga dalam hal ini yaitu tanah pasir dan tanah lempung berpasir (*sandy and loamy sand soil*). Tanah berlempung (*loamy soil*) merupakan tanah yang kandungan debu-liatnya relatif sama, tidak terlalu lepas dan juga tidak terlalu lekat. Tanah liat, yaitu tanah dengan kandungan liatnya >35% dan

biasanya tidak lebih kecil dari 40%. Tanah liat sangat lekat dan bila kering akan menjadi sangat keras.

Tipe-tipe tanah pasir, debu dan liat dapat mengontrol laju infiltrasi sebagai contoh permukaan tanah yang berpasir secara umum memiliki laju infiltrasi yang tinggi dari pada permukaan liat. Kenyataannya pada beberapa pengamatan kapasitas infiltrasi pada fraksi pasir adalah lebih besar dibandingkan dengan fraksi liat, hal ini dipengaruhi karena kandungan liat kaya akan pori yang halus tetapi miskin akan pori yang besar sebaliknya pasir miskin akan pori halus namun kaya akan pori yang besar (Juanda *et al*, 2003).

Berdasarkan ukuran, bahan padatan tanah digolongkan menjadi tiga partikel penyusun tanah yaitu pasir, debu dan liat. Tanah berpasir yaitu tanah dengan kandungan pasir >70%, porositasnya rendah < 40%, sebagian besar ruang pori berukuran besar sehingga aerasinya baik, daya hantar air cepat tetapi kemampuan menahan air dan zat hara rendah. Tanah bertekstur liat jika kandungan liatnya > 35% porositasnya relatif tinggi (60%), tetapi sebagian besar merupakan pori berukuran kecil, daya hantar air sangat lambat dan sirkulasi udara kurang lancar (Islami dan Utomo, 1995).

Sedangkan menurut Arsyad (2000) menyatakan bahwa tanah yang bertekstur kasar jarang mengalami erosi, tanah yang bertekstur kasar mempunyai laju infiltrasi yang cepat hingga sangat cepat. Setiap tanah memiliki laju infiltrasi yang berbeda bervariasi dari sangat tinggi hingga sangat rendah. Jenis tanah berpasir cenderung mempunyai laju infiltrasi yang tinggi, sedangkan untuk jenis tanah yang bertekstur liat cenderung mempunyai laju infiltrasi yang sangat rendah. Tanah yang memiliki kepadatan yang berbeda mempunyai laju yang berbeda pula, semakin padat akan semakin kecil laju infiltrasinya.

2.3.2. Struktur Tanah

Bentuk struktur tanah yang membulat (granular dan remah) menghasilkan tanah dengan daya serap tinggi sehingga air mudah meresap kedalam tanah. Struktur tanah remah (tidak mantap) sangat mudah hancur oleh pukulan air hujan menjadi butir-butir halus sehingga menutup pori-pori tanah, akibatnya air infiltrasi terhambat

dan aliran permukaan akan meningkat. Menurut Sutanto (2005), struktur tanah adalah penyusun antar partikel tanah primer (bahan mineral) dan bahan organik serta oksida yang membentuk agregat sekunder.

Volume pori tanah adalah nisbah ruang pori terhadap volume bahan padat yang berperan penting terhadap (a) gerakan air/lengas tanah (b) gerakan udara/udara tanah (c) temperatur (d) hara tanaman (e) ruang perakaran dan (f) pengolahan tanah. Total porositas terdiri atas pori besar, sedang dan kecil, mempunyai pengaruh terhadap gerakan air udara di dalam tanah. Berdasarkan ukuran partikel, tanah yang berstruktur remah memiliki pori yang berukuran besar, sedangkan tanah yang pejal memiliki lebih banyak pori yang berukuran kecil. Struktur remah atau granular meniadakan pengaruh ukuran partikel pori berukuran halus dan medium meningkatkan pada tanah pasir, sedangkan pada tanah lempungan pori berukuran besar meningkat.

Struktur tanah dikatakan mempunyai struktur tanah yang baik apabila tanah-tanah yang mempunyai tata udara dan daya menyimpan air yang baik, unsur hara lebih mudah tersedia dan mantap, tidak mudah rusak oleh pukulan-pukulan air hujan sehingga pori-pori tanah tidak cepat tertutup. Struktur tanah yang baik umumnya dijumpai pada tanah yang berstruktur remah butiran karena pada struktur ini terdapat keseimbangan yang baik antara udara dengan air (Syehan, 2005).

2.3.3. Berat Isi Tanah

Berat isi tanah adalah suatu ukuran berat yang memperhitungkan seluruh volume tanah. Kerapatan massa ditentukan baik oleh banyaknya pori, maupun oleh butir-butir tanah padat. Tanah yang lepas dan bergumpal akan mempunyai berat persatuan volume (kerapatan massa) rendah dan tanah lebih tinggi kerapatan massanya (Buckman *and* Brady, 1982).

Berat isi tanah merupakan berat persatuan volume tanah kering oven, biasanya ditetapkan sebagai g.cm^{-3} . Contoh tanah yang ditetapkan untuk menentukan berat jenis harus diambil secara hati-hati dari dalam tanah agar tidak merusak struktur asli tanah. Hardjowigeno (2007) menyatakan bahwa berat isi tanah dapat bervariasi dari waktu ke waktu atau dari lapisan ke lapisan sesuai dengan perubahan ruang pori atau struktur tanah. Keragaman itu mencerminkan derajat kepadatan tanah. Tanah dengan

ruang pori berkurang dan berat tanah bertambah menyebabkan meningkatnya kerapatan lindaknya. Tanah yang mempunyai berat isi yang tinggi akan sulit meneruskan air atau sukar ditembus akar tanaman, sebaliknya tanah dengan kerapatan lindak rendah, akar tanaman lebih mudah berkembang.

2.3.4. Porositas

Porositas merupakan bagian tanah yang tidak ditempati oleh padatan tanah, baik bahan mineral maupun bahan organik (Baver, 1959), sedangkan menurut Soepardi (1983), porositas merupakan bagian tanah yang ditempati air dan udara. Ruang pori tanah terdiri dari ruang di antara pertikel pasir, debu dan liat serta ruang di antara agregrat-agregrat tanah (Sitorus *et al.*, 1983). Distribusi ukuran pori menunjukkan presentasi sebaran ukuran pori yang didasarkan pada persen volume udara tanah pada berbagai nilai kurva pF, sedangkan porositas dihitung berdasarkan penetapan bobot isi dan bobot jenis partikel (Hillel, 1971).

Pori tanah merupakan bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah. Pori-pori tanah dapat terbentuk akibat susunan agregat tanah, aktivitas akar, cacing, dan aktivitas organisme tanah lainnya. Aktivitas perakaran tumbuhan tahunan sangat berperan dalam pembentukan saluran untuk pergerakan air dan udara. Saluran yang terbentuk umumnya berbentuk pipa yang kontinu dengan panjang yang dapat mencapai satu meter.

Tanah yang berhimpitan susunan zarahnya, seperti lapisan bawah yang padat atau pasir, akan mempunyai jumlah ruang pori yang sedikit. Tanah yang tersusun secara sarang, seperti tanah lempung berdebu, setiap satuan pori akan dijumpai banyak ruang pori.

Buckman *and* Brady (1964) menggolongkan pori tanah menjadi pori makro dan mikro. Pori makro adalah pori yang memberikan kesempatan terhadap pergerakan dan perkolasi air secara cepat. Pori mikro merupakan pori yang dapat menghambat gerakan perkolasi menjadi gerakan kapiler. Wirjodihardjo (1953) mengemukakan bahwa pori makro adalah ruangan di antara agregrat-agregrat tanah, sedangkan pori mikro yaitu ruangan-ruangan yang terdapat di dalam agregrat tanah dan tidak terlihat mata. Susunan dan distribusi pori menunjukkan jumlah masing-

masing pori dan sangat menentukan pergerakan air, pada pori drainase cepat dan sangat cepat, udara mudah bergerak dan air mengalami perkolasi secara cepat.

Menurut Sitorus, Haridjaja, dan Brata (1980) bahwa pori drainase terdiri dari:

1. Pori drainase sangat cepat; berdiameter $>300\mu\text{m}$, merupakan bagian pori yang akan kosong pada pF 1,0.
2. Pori drainase cepat; berdiameter 30 - 300 μm , merupakan bagian pori yang akan kosong pada pF 1,0 sampai pF 2,0.
3. Pori drainase lambat; berdiameter 9 - 30 μm , merupakan bagian pori yang akan kosong pada pF 2,0 sampai 2,54.

2.3.5. C-organik

Peran bahan organik pada dasarnya dapat berpengaruh pada sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Terhadap sifat fisik tanah diantaranya merangsang granulasi, memperbaiki aerasi tanah, dan meningkatkan kemampuan menahan air. Pengaruh bahan organik terhadap sifat fisik tanah yang lain adalah peningkatan porositas tanah. Porositas tanah adalah ukuran yang menunjukkan bagian tanah yang tidak terisi bahan padat namun terisi oleh udara dan air. Pori-pori tanah dapat dibedakan menjadi pori mikro, pori meso dan pori makro. Pori-pori mikro sering dikenal sebagai pori kapiler, pori meso dikenal sebagai pori drainase lambat, dan pori makro merupakan pori drainase cepat (Gaur, 1981).

Tanah pasir yang banyak mengandung pori makro sulit menahan air, sedang tanah lempung yang banyak mengandung pori mikro drainasenya jelek. Pori dalam tanah menentukan kandungan air dan udara dalam tanah serta menentukan perbandingan tata udara dan tata air yang baik. Penambahan bahan organik pada tanah kasar (berpasir) akan meningkatkan pori meso dan menurunkan pori makro. Peran bahan organik terhadap sifat biologi tanah adalah meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berperan pada fiksasi nitrogen dan transfer hara tertentu seperti N, P, K, dan S. Kemudian, untuk sifat kimia yaitu untuk meningkatkan kapasitas tukar kation di dalam tanah (Gaur, 1981).

1.4. Aplikasi Bahan Organik Untuk Meningkatkan Kapasitas Air Tersedia

Kapasitas air yang tersedia adalah jumlah air tersedia yang dapat disimpan dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman. Air dalam tanah ini disimpan di antara kapasitas lapang dan titik layu. Kapasitas lapang adalah air yang disimpan dalam tanah berdrainase bebas sekitar 2 hari setelah pembasahan menyeluruh. Titik layu (permanen) adalah kadar air dimana bibit tanaman bunga matahari layu dan tidak dapat pulih kembali (ireversibel).

Beberapa karakteristik tanah yang mempengaruhi kapasitas air etersedia, adalah:

1. Fragmen batuan, mengurangi kapasitas air tersedia dalam proporsi langsung dengan volumenya, kecuali batu-batu yang berpori.
2. Bahan organik, meningkatkan kapasitas air tersedia. Setiap satu persen bahan organik tanah mampu menambahkan sekitar 1.5 persen kapasitas air tersedia.
3. Bobot isi tanah, memainkan peran melalui kontrol ruang pori yang mempertahankan air tersedia. Bobot isi yang tinggi cenderung menurunkan kapasitas air tersedia.
4. Tekanan osmotik, yang ditimbulkan oleh larutan tanah adalah 0.3-0.4 kali konduktivitas listrik (mmhos / cm). Penurunan signifikan dalam kapasitas air tersedia membutuhkan konduktivitas listrik lebih dari 8 mmhos / cm.
5. Tekstur tanah memiliki efek yang signifikan. Beberapa pedoman berikut ini berlaku dengan asumsi nilai-nilai BI tanahnya medium dan tidak ada fragmen batuan dalam tanah (Tabel 2.1).

Tabel 1. Fraksi air tersedia pada beberapa kelompok tekstur tanah

Tekstur tanah	Fraksi Air Tersedia.
Pasir; Pasir liat dan Liat berpasir dimana fraksi pasir tidak didominasi oleh pasir sangat halus	Kurang dari 0.10
Pasir liat dan tanah liat berpasir dimana pasir sangat halus adalah fraksi pasir yang dominan; dan tanah liat; lempung liat; lempung liat berpasir; dan liat berpasir	0.10-0.15.

Liat berdebu; Liat	0.10-0.20
Debu; Lempung debu; Lempung liat Berdebu	0.15-0.25.

6. Kedalaman perakaran mempengaruhi total kapasitas air tersedia dalam tanah. Profil tanah yang memiliki barier akar pada kedalaman 40-50 cm dan fraksi air tersedia sebesar 0.20 diestimasi memiliki kapasitas air tersedia 10 cm. Tanah lainnya, yang memiliki fraksi air tersedia lebih rendah dari 0.10, jika kedalaman akar diperpanjang hingga kedalaman 60-150 cm, memiliki kapasitas air tersedia sekitar 15 cm. Untuk tanaman yang perakarannya dangkal, seperti bawang, air yang tersedia di bawah lapisan 12.5-25 cm memiliki sedikit makna. Untuk tanaman yang perakarannya lebih dalam, seperti jagung, air tersedia pada lapisan tanah yang lebih mendalam ternyata sangat penting.

Zona akar efektif adalah bagian dari zona akar tanaman dimana massa akar tanaman berkontribusi utama terhadap pertumbuhan tanaman. Di bawah zona akar efektif ini mungkin ada sedikit akar, tetapi air yang diserapnya tidak mungkin signifikan bagi pertumbuhan tanaman. Zona akar efektif biasanya dua pertiga dari zone kedalaman akar maksimum. Untuk tanaman semusim biasanya zona akar meningkat selama periode irigasi (Tabel 2).

Tabel 2. Kedalaman zona akar tanaman pada fase pertumbuhan maksimum

Jenis tanaman	Kedalaman zone akar (m)
Potato- Kentang	0.6
Pea – Kacang Kapri	0.5
Green Beans – Buncis sayur	0.5
Pyrethrum	0.8
Buckwheat	0.4
Carrot – Wortel	0.5
Onions – Bawang	0.3
Broccoli – Brokoli	0.5
Lucerne	1.2
Pasture	0.3

Stone/pip fruit	1.0
Vines	0.7

Sumber: Armstrong, D., W.E.Cotching dan C. Bastick. 2001. A ssesing your soil resources for irrigation. Wise Watering Irrigation Management Course notes.

Kedalaman efektif akar secara ekologis sangat penting dalam kaitannya dengan air dan karbon fluks. Selama musim hujan, tanaman menyerap sebagian besar air dari tanah lapisan atas (dangkal) dimana kepadatan akarnya paling tinggi. Kalau tanah mengering secara progresif, lebih banyak air diekstrak dari lapisan tanah yang lebih dalam untuk menjaga stomata tetap dapat terbuka. Kedalaman perakaran menentukan volume tanah yang dapat diserap airnya oleh akar tanaman dan bersama-sama dengan sifat hidrolik tanah, ia mendefinisikan kapasitas air tersedia bagi tanaman. Tennant (1976) menunjukkan bahwa air yang tersedia bagi tanaman gandum dalam lima tanah yang berbeda tergantung pada kedalaman perakaran dan sifat hidrolik tanah. Kedalaman dan distribusi akar tanaman dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti hambatan fisik, hambatan kimia, dan distribusi hara dalam tanah. Ketika sifat fisik tanah seperti porositas, distribusi ukuran pori, kekuatan tanah, dan saluran akar yang tidak menguntungkan untuk pasokan air dan oksigen, pertumbuhan tanaman dapat menjadi terkendala. Canadell et al. (1996) menunjukkan bahwa rata-rata kedalaman perakaran maksimum adalah sekitar 7 m untuk pohon, dan 2.6 m untuk tanaman herba. Perbedaan rata-rata kedalaman perakaran maksimum dapat diterjemahkan menjadi 540 mm perbedaan air tersedia untuk tanah berpasir, dan sampai tiga kali jumlah ini untuk tanah-tanah liat dan lempung. Oleh karena itu, diharapkan bahwa perakaran yang mendalam dapat memberikan kontribusi bagi perbedaan evapotranspirasi antara tanaman tegakan hutan dan tanaman herba. Greacen dan Williams (1983) melaporkan air tersedia untuk beberapa tanaman penting di Australia. Misalnya, dalam tanah merah di bawah eukaliptus hutan, air tersedia sekitar 360 mm, meskipun kapasitas menahan airnya relatif rendah. Di sisi lain, untuk tanah liat abu-abu di bawah padang rumput irigasi, profil tanahnya relatif

dangkal tetapi dengan kapasitas menahan air yang tinggi, air tersedia hanya sekitar 137 mm. Jenis tanaman yang berakar dalam (yaitu pohon) umumnya memiliki kapasitas penyimpanan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis tanaman yang berakar dangkal (yaitu rumput dan tanaman semusim). Perbedaan besarnya air tersedia dan simpanan air dalam profil tanah dapat mempengaruhi transpirasi tanaman.

Ketika energi yang tersedia tidak membatasi, jumlah air yang dapat diserap tanaman ditentukan oleh air tersedia dalam profil tanah. Hodnett dkk. (1995) menunjukkan bahwa selama musim hujan evapotranspirasi dari tipe hutan terra-firme sangat mirip dengan padang rumput (*Brachiaria decumbens*) di Central Amazonia dan kelembaban tanah pada kedua jenis vegetasi ini menunjukkan sedikit perbedaan. Namun demikian, pada musim kemarau vegetasi hutan mempunyai tingkat evapotranspirasi lebih tinggi dibandingkan dengan padang rumput dan perbedaan ini disebabkan oleh kemampuan pohon untuk mengakses kelembaban tanah dari lapisan tanah yang lebih dalam. Nepstad et al. (1994) menemukan bahwa air tersedia yang tersimpan di bawah lapisan tanah 2 m lebih dari 75% dari total air yang diambil dari profil tanah secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa akar yang dalam memainkan peran penting dalam penyerapan air. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan jumlah air tersedia:

1. Aplikasi bahan organik ke permukaan tanah atau ditanamkan ke dalam topsoil untuk meningkatkan fraksi air tersedia di lapisan tanah permukaan. Air yang tersedia di topsoil ini sangat penting pada fase pertumbuhan bibit (perkecambahan) pada saat akar bibit masih sangat dangkal.
2. Menjaga garam di bawah zona akar, menjaga infiltrasi yang cukup tinggi, mengurangi penguapan dengan mulsa reresahan (residu), meminimalkan olah tanah, menghindari pencampuran lapisan tanah yang lebih dalam dengan tanah permukaan dan menanam benih dan bibit tanaman di tepi parit (guludan).
3. Meminimalkan pemadatan tanah dengan mengurangi kendaraan berat dan jumlah lalu lintas, terutama ketika tanah lembab dan basah. Menghancurkan lapisan padat

bila diperlukan, memperbesar kedalaman efektif tanah dan meningkatkan kapasitas air tersedia.

Petani dapat menanam jenis-jenis tanaman yang menghasilkan banyak seresah, vegetasi perennial permanen dan tanaman penutup tanah, membatasi kegiatan pengolahan tanah, dan mengelola seresah sisa tanaman untuk melindungi dan meningkatkan kandungan BOT, untuk memperbaiki kapasitas air tersedia tanah. Jika memungkinkan, persiapan lahan, panen, dan operasi pertanian lain yang membutuhkan alat berat dapat dihindari ketika tanah dalam kondisi basah untuk meminimalkan pemadatan; dan lapisan tanah yang kompak dihancurkan dan memperluas kedalaman efektif tanah yang tersedia untuk pertumbuhan akar.

Tanah dengan konsentrasi garam yang tinggi cenderung mengurangi kapasitas air tersedia, karena lebih banyak air ditahan pada titik layu permanen daripada jika air ditahan oleh faktor fisik saja. Efek ini paling menonjol pada tanah-tanah di daerah iklim kering dimana garam mengakumulasi melalui proses-proses alamiah. Untuk tanah-tanah yang kaya garam larut sangat diperlukan kegiatan pengelolaan lahan yang mempertahankan garam di bawah zona akar. Hal ini termasuk irigasi untuk mencuci garam ke bawah zona akar dan praktek budidaya tanaman yang mempromosikan infiltrasi, mengurangi penguapan, meminimalkan olah tanah mengelola residu seresah tanaman dan mencegah pencampuran lapisan tanah subsoil yang kaya garam dengan lapisan tanah permukaan (topsoil).

Beberapa praktek konservasi tanah dan air yang mampu memperbaiki kapasitas air tersedia adalah:

1. Pergiliran tanaman untuk konservasi tanah dan air
2. Tanmana penutup tanah
3. Pengembalaan yang terprogram
4. Pengelolaan seresah sisa panen tanaman
5. Pengelolaan tanah-tanah Saline dan Sodik.

Pengaruh kandungan BOT terhadap nilai KAT lapisan tanah permukaan dievaluasi untuk tiga kelompok tekstur tanah. Dalam setiap kelompok tekstur ini, peningkatan kandungan BOT ternyata meningkatkan volume air pada kapasitas

lapangan jauh lebih besar (rata-rata kemiringan = 3,6) dibandingkan dengan peningkatan jumlah air pada titik layu permanen (rata kemiringan = 0.72). Korelasi positif yang sangat signifikan yang ditemukan antara kandungan BOT dengan nilai-nilai KAT untuk tanah-tanah pasir ($r^2 = 0,79^{***}$), lempung-debu ($r^2 = 0,58^{***}$) dan lempung liat berdebu ($r^2 = 0,76^{***}$). Dalam semua kelompok tekstur tanah, ternyata peningkatan kandungan BOT sebesar 0,5-3%, terjadi peningkatan KAT lebih dari dua kali lipat (Hudson, 1994). Kandungan BOT merupakan faktor penentu penting dari KAT karena secara volumetrik, BOT adalah komponen tanah yang signifikan. Dalam penelitian ini 1-6% BOT (w/w) setara dengan sekitar 5-25% (v/v).

Bahan organik mempengaruhi karakteristik dan kualitas tanah dengan berbagai cara. Seresah residu tanaman yang menutupi permukaan tanah melindungi tanah dari efek penyegelan dan pengerasan kerak permukaan terhadap dampak hujan, sehingga meningkatkan infiltrasi air hujan dan mengurangi limpasan-permukaan. Infiltrasi air hujan di permukaan tanah tergantung pada sejumlah faktor termasuk agregasi tanah, stabilitas agregat tanah dan kontinuitas pori tanah, keberadaan retak-retakan tanah, dan kondisi permukaan tanah. Peningkatan bahan organik memberikan kontribusi tidak langsung kepada porositas tanah melalui peningkatan aktivitas fauna tanah. Bahan organik segar merangsang aktivitas makrofauna seperti cacing tanah membuat liang-liangnya yang dilapisi dengan sekresi seperti lem dari tubuhnya dan diisi penuh dengan vermi kompos.

Proporsi air hujan yang menyusup ke dalam tanah tergantung pada jumlah penutupan muka tanah. Angka ini menunjukkan bahwa pada tanah telanjang (penutupan = 0 ton / ha) mempunyai limpasan-permukaan dan erosi tanah lebih besar daripada ketika tanah dilindungi dengan mulsa permukaan. Residu sisa tanaman dibiarkan menutupi permukaan tanah untuk meningkatkan agregasi tanah dan porositas tanah, peningkatan jumlah pori makro dan dengan demikian tingkat infiltrasi air hujan menjadi lebih besar.

Peningkatan kandungan BOT dan fauna tanah yang terkait menyebabkan ruang pori tanah menjadi lebih besar dan air hujan meresap lebih mudah dan dapat disimpan dalam tanah (Roth, 1985). Peningkatan ruang pori merupakan konsekuensi

dari kegiatan “bioturbating” cacing tanah dan makro-organisme lainnya serta liang-liang akar yang tersisa dalam tanah ketika biomasa akarnya telah terdekomposisi. Pada suatu situs di Brasil selatan, infiltrasi air hujan meningkat dari 20 mm/jam pada kondisi pengolahan tanah konvensional menjadi 45 mm/jam pada kondisi TOT (Calegari, Darolt dan Ferro, 1998). Dalam jangka panjang, peningkatan kandungan BOT mampu mempromosikan struktur tanah yang baik dan makro-porositas. Air hujan mudah meresap (infiltrasi) seperti pada tanah-tanah hutan.

Konsekuensi dari peningkatan infiltrasi air dikombinasikan dengan kandungan bahan organik lebih tinggi meningkatkan penyimpanan tanah air. Bahan organik memberikan kontribusi untuk stabilitas agregat tanah dan pori-pori melalui ikatan atau adhesi sifat bahan organik, seperti produk bakteri limbah, gel organik, hifa jamur dan sekresi cacing dan gips. Selain itu, bahan organik erat dicampur dengan bahan tanah mineral memiliki pengaruh yang cukup besar dalam meningkatkan kapasitas memegang kelembaban terutama di lapisan atas tanah, di mana kandungan bahan organik lebih besar, lebih banyak air dapat disimpan.

Kualitas sisa tanaman, khususnya komposisi kimianya, menentukan efek pada struktur tanah dan agregasi. Blair *et al.*, (2003) melaporkan rincian cepat medis (*Medicago truncatula*) dan beras (*Oryza sativa*) residu jerami mengakibatkan peningkatan pesat dalam stabilitas agregat tanah melalui pelepasan banyak komponen soilbinding. Sebagai senyawa ini mengalami kerusakan lebih lanjut, mereka akan hilang dari sistem yang mengakibatkan penurunan stabilitas agregat tanah dari waktu ke waktu. *The slow release agen* tanah mengikat dari Flemingia (*Flemingia macrophylla*) residu menghasilkan peningkatan lebih lambat tetapi lebih berkelanjutan dalam stabilitas agregat tanah. Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan berkesinambungan senyawa tanah mengikat dari residu tanaman diperlukan untuk peningkatan terus menerus dalam stabilitas agregat tanah terjadi.

Elliot dan Lynch (1984) menunjukkan bahwa agregasi tanah disebabkan terutama oleh produksi polisakarida dalam situasi di mana residu memiliki kandungan N yang rendah. Ada hubungan kuat antara kadar karbon tanah dan ukuran agregat. Peningkatan kandungan karbon tanah menyebabkan peningkatan 134 persen

dalam agregat lebih dari 2 mm dan penurunan 38 persen dalam agregat kurang dari 0,25 mm (Castro Filho, Muzilli dan Podanoschi, 1998). Fraksi aktif tanah C (Whitbread, Lefroy dan Blair, 1998) adalah faktor utama mengendalikan kerusakan agregat (Bell *et al.*, 1999).

Selain itu, meskipun mereka tidak hidup yang panjang dan baru menggantikan mereka setiap tahun, hifa dari *actinomycetes* dan jamur memainkan peran penting dalam menghubungkan partikel tanah (Castro Filho, Muzilli dan Podanoschi, 1998). Gupta dan Germida (1988) menunjukkan penurunan *macro aggregates* tanah berkorelasi kuat dengan penurunan hifa jamur setelah enam tahun budidaya berkelanjutan. Penyimpanan di-tanah air tidak hanya tergantung pada jenis persiapan lahan, tetapi juga pada jenis penutup atau vegetasi sebelumnya pada tanah. Pembakaran vegetasi penutup muka tanah berdampak pada jumlah air yang disimpan di dalam tanah.

Melestarikan vegetasi bera sebagai penutup di permukaan tanah, dan dengan demikian mengurangi penguapan, menghasilkan 4 persen lebih banyak air dalam tanah, hal ini kira-kira setara dengan 8 mm curah hujan tambahan. Jumlah lengas-tanah ekstra ini dapat mendatangkan perbedaan antara layu dan kelangsungan hidup tanaman selama periode kering. Sebuah studi yang dilakukan pada tahun 1999 di Guatemala, Honduras dan Nikaragua untuk mengevaluasi ketahanan agro-ekosistem menunjukkan bahwa 3-15 persen lebih banyak air disimpan di dalam tanah pada kondisi budidaya tanaman yang ramah lingkungan.

Unger (1978) menunjukkan bahwa tingkat seresah gandum yang tinggi mengakibatkan peningkatan penyimpanan curah hujan pada tanah-tanah bera, yang kemudian menghasilkan hasil gabah sorgum lebih banyak. Tingkat seresah yang banyak 8-12 ton / ha menghasilkan sekitar 80-90 mm lebih banyak simpanan air tanah dan menghasilkan gabah 2,0 ton / ha lebih banyak dibandingkan dengan tidak ada manajemen seresah gandum.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah biasanya meningkatkan kapasitas menahan air tanah. Hal ini karena penambahan bahan organik meningkatkan jumlah micropores dan pori makro dalam tanah baik dengan

"menempelkan" partikel tanah bersama-sama atau dengan menciptakan kondisi hidup yang menguntungkan bagi organisme tanah. Beberapa jenis bahan organik tanah dapat menyimpan hingga 20 kali berat badan mereka di dalam air (Reicosky, 2005). Hudson (1994) menunjukkan bahwa untuk setiap kenaikan 1 persen dalam bahan organik tanah, yang tersedia kapasitas menahan air dalam tanah meningkat 3,7 persen. Air tanah dipegang oleh kekuatan perekat dan kohesif dalam tanah dan peningkatan ruang pori akan menyebabkan peningkatan kapasitas menahan air tanah. Akibatnya, air irigasi kurang dibutuhkan untuk mengairi tanaman yang sama.

Penutup tanah melindungi tanah terhadap dampak hujan, mencegah hilangnya air dari tanah melalui penguapan, dan juga melindungi tanah dari efek pemanasan dari matahari. Suhu tanah mempengaruhi penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman, perkecambahan biji dan perkembangan akar, serta aktivitas mikroba tanah dan pengerasan kulit dan pengerasan tanah.

Akar tanaman menyerap lebih banyak air pada suhu tanah yang lebih tinggi hingga maksimal 35°C. Suhu yang lebih tinggi membatasi penyerapan air. Suhu tanah yang terlalu tinggi adalah kendala utama pada produksi tanaman di banyak bagian tropis. Suhu maksimum melebihi 40°C pada kedalaman 5 cm dan 50°C pada kedalaman 1 cm biasanya diamati pada tanah digarap selama musim tanam, kadang-kadang dengan suhu ekstrim hingga 70°C. Suhu tinggi memiliki efek buruk tidak hanya pada pertumbuhan kecambah bibit dan pertumbuhan tanaman tetapi juga pada pertumbuhan dan perkembangan populasi mikro-organisme tanah. Suhu zone akar yang ideal untuk perkecambahan dan pertumbuhan bibit adalah 25-35°C. Percobaan telah menunjukkan bahwa suhu melebihi 35°C dapat mengurangi pertumbuhan bibit jagung secara drastis dan bahwa suhu melebihi 40°C dapat mengurangi perkecambahan benih kedelai hampir nihil.

2.4.1. Mulsa di permukaan tanah

Mulsa seresah sisa tanaman atau tanaman penutup tanah dapat mengendalikan suhu tanah. Penutup tanah mencerminkan sebagian besar dari energi matahari kembali ke atmosfer, dan dengan demikian mengurangi suhu permukaan tanah. Hal

ini menyebabkan suhu tanah maksimum yang lebih rendah pada tanah bermulsa dibandingkan dengan tanah tanpa mulsa dan mengurangi fluktuasi suhu tanah.

Air tanah adalah faktor pembatas utama yang mengendalikan produksi tanaman di lahan kering, dan kehilangan air melalui penguapan (E) adalah sangat besar, terutama dalam sistem pertanaman intensif dengan masa bero yang singkat (Farahani et al., 1998a; Farahani et al., 1998b). Di banyak daerah, air irigasi adalah komoditas yang sangat berharga ekoomis. Tingkat air tanah telah menurun (Mc Guire, 2004; Mc Guire dan Fischer, 1999), dan debit aliran sungai juga telah berkurang yang menyebabkan kompetisi dalam penggunaan air. Selain itu, irigasi dapat mengurangi biaya pemompaan dan lebih banyak air akan tersedia bagi penggunaan yang kompetitif seperti habitat satwa liar, spesies yang terancam punah, dan air domestik. Pada umumnya dipercaya bahwa peningkatan seresah tanaman mengarah ke konservasi air. Namun demikian, seresah sisa tanaman seringkali dihapus dari lapangan setelah panen untuk digunakan sebagaipakan ternak dan tempat tidur ternak, dan sebagai sumber selulosa untuk produksi etanol. Nilai konservasi air dari seresah sisa tanaman perlu diukur sehingga produsen tanaman dapat mengevaluasi apakah akan menjual seresahnya atau mengembalikan ke tanah (Klocke et al., 2009).

Pengaruh perlakuan tanpa olah tanah dan pengolahan tanah konvensional terhadap dinamika tanah dan air masih dianggap yang kontroversial. Strudley *et al.*, (2008) menunjukkan bahwa kecuali untuk waktu retensi lengas-tanah yang meningkat pada perlakuan TOT, semua efek lainnya akibat TOT dianggap belum meyakinkan. Petani telah menyatakan keprihatinannya tentang praktek produksi dimana banyak seresah sisa tanaman yang hadir di permukaan tanah. Keprihatinan ini termasuk peningkatan penggunaan bahan agrokimia, dan tanah basah dan suhu tanah lebih rendah menunda penanaman dan pengembangan tanaman melambat selama periode awal pertumbuhan vegetatif, perkecambahan tidak seragam, serta peralatan penanaman tidak dapat beroperasi secara memadai dalam kondisi banyak seresah di permukaan tanah. Namun demikian, di daerah iklim semi kering pertumbuhan vegetatif tanaman pada kondisi TOT dapat mengejar pertumbuhan tanaman dengan

olah-tanah hingga tahap pertumbuhan reproduksi (Klocke *et al.*, 1985). Di musim panas yang panas dan kering, keberadaan seresah di muka tanah dapat mengurangi suhu tanah dan peningkatan air tanah di bawah seresah sisa tanaman selama dan setelah tahap reproduksi ternyata memberikan manfaat yang lebih besar daripada kelemahan yang dialami di awal musim tanam (Klocke *et al.*, 1985).

Seresah sisa tanaman mengurangi energi tetesan air hujan yang berdampak pada permukaan tanah dan mengurangi efek penghancuran partikel tanah halus yang cenderung untuk menutup (menyumbat) pori tanah, dan menyebabkan pembentukan kerak-permukaan. Proses penyegelan dan pengerasan (kerak) ini dapat ditingkatkan dengan pengeringan berikutnya dari lapisan permukaan tanah. Pembentukan kerak mengurangi infiltrasi dan mempromosikan limpasan karena tingkat curah hujan atau irigasi mungkin lebih besar daripada tingkat dimana tanah mampu menyerap air. Residu (seresah) sisa tanaman juga meningkatkan penyimpanan permukaan air hujan atau air irigasi. Selain itu, memperlambat kecepatan air limpasan di permukaan tanah, memungkinkan lebih banyak waktu untuk infiltrasi (Steiner, 1994). Dickey *et al.*, (1983) menggunakan simulator hujan untuk menunjukkan perbedaan infiltrasi dan limpasan pada perlakuan jerami dengan tanpa olah tanah dan dengan pembajakan tanah. Dalam percobaan, 76 mm air diaplikasikan menghasilkan 44 mm air-limpasan pada tanah yang dibajak dan hanya 5 mm pada kondisi tanpa olah tanah.

Seresah residu tanaman yang hadir di permukaan tanah dapat membantu menghemat air dengan menyebabkan air hujan menggenang daripada mengalir sebagai aliran permukaan dengan memperlambat kecepatan angin di atas residu residu (Black dan Siddoway, 1977; Steiner, 1994). Curah hujan berikutnya lebih banyak menyusup ke dalam tanah karena seresah memperlambat aliran limpasan, meningkatkan simpanan air tanah. Air ini kemudian dapat digunakan untuk produksi tanaman di musim tanam berikutnya. Ketika permukaan tanah basah oleh tambahan air irigasi atau air hujan, evaporasi dari tanah kosong akan terjadi pada tingkat yang dikendalikan oleh permintaan atmosfer. Tingkat penguapan menurun kalau permukaan tanah mengering dari waktu ke waktu, karena air yang berada dalam lapisan tanah bawah tidak diangkut ke permukaan dengan cukup cepat untuk

mempertahankan laju penguapan tanah basah; pengeringan tanah permukaan mulai bertindak sebagai penghalang bagi transportasi air (Lascano dan van Bavel, 1986).

Jika permukaan tanah ditutupi dengan seresah residu tanaman, muka tanah terlindung dari radiasi matahari, dan laju aliran udara di atas permukaan tanah dapat berkurang. Hal ini dapat mengurangi tingkat penguapan dari permukaan tanah yang tertutup seresah dibandingkan dengan tanah telanjang (Willis, 1962; Unger dan Parker, 1976; Smika, 1983; Villalobos dan Fereres, 1990; Heilman et al., 1992; Aiken et al., 1997). Lapisan tanah yang lembab di bawah seresah akan terus menguapkan air secara perlahan, tetapi beberapa hari setelah pembasahan tingkat penguapan dari permukaan tanah yang tertutupi seresah dapat melebihi penguapan dari permukaan tanah yang telanjang. Akhirnya, setelah beberapa hari tanpa hujan atau irigasi, penguapan kumulatif dari tanah telanjang dan tanah yang tertutupi seresah akan sama besar. Obligasi dan Willis (1969) menegaskan hal ini ketika mereka menunjukkan bahwa, pada tanah tanpa tanaman yang tumbuh, penguapan kumulatif menjadi hampir identik dengan tanah bermulsa kalau penguapan diizinkan untuk waktu yang cukup lama tanpa pembasahan permukaan tanah. Secara konseptual, titik kesetimbangan ini belum tercapai setelah 20 hari. Pada kenyataannya, hal ini jarang tercapai karena peristiwa pembasahan tanah menghasilkan lebih banyak hari dengan tingkat penguapan lebih tinggi pada kondisi tanah telanjang daripada tanah yang ditutupi oleh seresah sisa tanaman.

Efek neto dalam satu musim tanam adalah total penguapan yang diharapkan lebih besar daripada kondisi tanah telanjang. Tolk *et al.*, (1999) menemukan bahwa air tanah di bawah permukaan tanah bermulsa digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman, bukan untuk penguapan air tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Todd *et al.*, (1991), dan Klocke et al. (2009), menunjukkan bahwa penguapan air tanah dari tanah telanjang bertekstur pasir dan lempung-debu dapat menjadi 30% dari evapotranspirasi (ET) selama musim irigasi jagung dan kedelai. Penguapan hanya 15% dari total ET ketika jerami gandum atau tanpa olah tanah seresah jagung dapat menutupi permukaan tanah dari awal Juni hingga akhir musim tanam, diterjemahkan menjadi 63 mm hingga 75 mm penghematan air untuk musim

tanam. Kadar air tanah meningkat dengan meningkatnya jumlah seresah dalam sistem tanam di lahan kering, dan jerami dapat menyimpan tambahan 50 mm air selama non-musim tanam (Nielsen, 2006) jika profil tanah dapat menyimpan air. Penghematan air di musim tanam ini dan di luar musim tanam ini digabung menjadi total 125 mm per tahun. Tidak semua jumlah air ini dapat diharapkan efektif bagi pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman. Namun demikian, jika hanya setengah dari penghematan air 125 mm dapat berkontribusi untuk hasil panen, maka tambahan hasil mungkin sebanyak 0,67 Mg.ha⁻¹ untuk kedelai dan 1,88 Mg.ha⁻¹ untuk jagung di wilayah pertanian lahan kering. Van Donk *et al.*, (2004) menyempurnakan model Neraca energi dan neraca air berbasis proses (ENWATBAL) (Van Bavel dan Lascano, 1993; Evett dan Lascano, 1993) dengan kemampuan untuk mensimulasikan efek mulsa terhadap evaporasi dan kadar lengas-tanah, dan mensimulasi pengurangan penguapan dari permukaan tanah bermulsa. Lamm *et al.*, (2009) menemukan bahwa olah-tanah-strip dan TOT umumnya memiliki penggunaan air lebih besar dari pengolahan tanah konvensional (bajak piring dan bajak pahat). Peningkatan total penggunaan air musiman (kurang dari 10 mm) untuk olah-tanah-strip dan TOT dibandingkan dengan olah tanah konvensional menjelaskan hasil gabah yang lebih tinggi pada sistem olah-tanah-strip dan sistem TOT..

Mulsa adalah selapir material yang diaplikasikan di permukaan sebidang tanah. Tujuan aplikasi mulsa ini adalah: (1) konservasi lengas tanah, (2) memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah, (3) mengurangi pertumbuhan gulma, (4) memperbaiki kenampakan suatu area tanah.

Mulsa ini dapat diaplikasikan ke permukaan tanah yang terbuka, atau di sekitar tanaman yang ada. Mulsa pupuk kandang atau kompos dapat dibenamkan secara alami ke dalam tanah oleh aktivitas cacing tanah dan organisme lain. Proses ini digunakan dengan baik dalam produksi tanaman komersial dan berkebun, dan bila diterapkan dengan benar dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman.

Mulsa organik mengalami dekomposisi dari waktu ke waktu dan bersifat sementara. Cara mulsa organik mengalami dekomposisi dan bereaksi terhadap

pembasahan oleh hujan dan embun mempengaruhi kegunaannya sebagai bahan mulsa. Beberapa bahan mulsa seperti jerami, gambut, serbuk gergaji dan produk kayu lainnya, mungkin untuk sementara bersifat negatif mempengaruhi pertumbuhan tanaman, karena mempunyai nilai C/N rasio yang tinggi, bakteri dan jamur yang merombak (dekomposisi) bahan organik ini menyerap N-tersedia dalam tanah di sekitarnya untuk pertumbuhannya. Namun demikian, apakah efek ini memiliki dampak praktis terhadap tanaman budidaya ternyata dibantah oleh para peneliti dan pengalaman tukang kebun atau petani. Mulsa organik dapat menutupi permukaan tanah, membentuk penghalang masuknya air dan aliran udara di antara tanah dan atmosfer. Mulsa organik yang diaplikasikan secara vertikal dapat menjadi sumbu-air dari lapisan tanah ke permukaan tanah, yang dapat mamacu pengeringan tanah. Mulsa yang terdiri dari bahan-bahan kayu dapat menjadi makanan rayap, sehingga harus diperhatikan tentang tidak menempatkan bahan mulsa terlalu dekat dengan rumah atau bangunan yang dapat dirusak oleh serangga ini.

Seresah dedaunan dari guguran pohon, yang menjatuhkan dedaunan mereka di musim gugur / musim gugur dapat digunakan sebagai bahan-mulsa. Biomasa daun ini cenderung kering dan dapat ditiup angin, sehingga seringkali hilang atau rusak sebelum aplikasinya ke lahan. Ketika biomasa dedaunan ini membusuk, mereka menempel satu sama lain, tetapi juga memungkinkan air merembes ke permukaan tanah. Lapisan tebal seresah daun, dapat membentuk semacam tikar basah di awal musim hujan, yang dapat menghambat pertumbuhan gulma dan benih tanaman lainnya. Daun kering dapat digunakan sebagai mulsa musim-dingin untuk melindungi tanaman dari efek pembekuan di daerah beriklim dingin, bahan mulsa ini biasanya disingkirkan pada musim semi.

Paparan panas, angin, dan gaya-gaya pemadatan, tanah gundul mengalami kehilangan air melalui penguapan dan kurang mampu menyerap curah hujan atau air irigasi karena menjadi semakin terkompresi. Gulma dapat meningkatkan evapotranspirasi air-tanah sebesar 25% pada siang hari musim panas. Sebaliknya, mulsa dapat meningkatkan air tanah dengan meningkatkan perkolasi dan retensi air, mengurangi penguapan, dan mengurangi pertumbuhan gulma. Hasil-hasil studi

menunjukkan bahwa lapisan mulsa jerami setebal 5 cm mampu mengurangi penguapan sekitar 35% dibandingkan dengan tanah gundul, tanah yang bermulsa memiliki retensi lengas-tanah lebih besar daripada tanah kosong, dengan pengecualian mulsa hidup kompetitif seperti rumput. Berbagai jenis mulsa mempunyai kemampuan yang berbeda untuk mempengaruhi pergerakan lengas tanah. Mulsa plastik hitam umumnya menghambat pergerakan air di antara tanah dan lingkungan di atas tanah, sehingga membatasi isi ulang simpanan lengas-tanah. Resapan air ke dalam tanah tergantung pada infiltrasi, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh permeabilitas tanah permukaan. Kegiatan dan produk yang memadatkan tanah dan membuat kondisi hidrofobik biasanya dapat membatasi isi ulang lengas tanah dan meningkatkan limpasan-permukaan dan erosi. Mulsa plastik, geotekstil, mulsa organik bertekstur halus, mulsa lembar, dan mulsa dengan komponen lilin adalah pilihan yang buruk dalam hal ini. Oleh karena itu, meskipun mulsa ini pada awalnya meningkatkan retensi lengas-tanah karena mengurangi evaporasi dalam jangka panjang mereka akan menciptakan kondisi tanah kering yang tidak wajar. Sebaliknya, ada berbagai macam bahan mulsa yang tidak membatasi infiltrasi air ke dalam tanah dan retensi lengas tanah, yaitu bahan-bahan mulsa yang permeabel. Kebanyakan studi banding di antara jenis-jenis mulsa menunjukkan bahwa mulsa organik menghemat air lebih efektif daripada mulsa anorganik; mulsa organik dan anorganik lebih baik daripada mulsa sintetis; dan semua mulsa ini lebih baik daripada tanah kosong. Mulsa dengan kemampuan untuk menahan air meliputi kerikil dan batu, kotoran ternak, dan biomasa seresah tanaman. Tanaman penutup tanah umumnya kurang efektif daripada mulsa organik atau anorganik karena mereka harus bersaing dengan tanaman lainnya untuk mendapatkan lengas-tanah. Dari sudut pandang praktis, mulsa yang tepat secara signifikan akan mengurangi jumlah irigasi yang dibutuhkan untuk semua bentang-lahan dan dalam beberapa kasus mungkin tidak memerlukan irigasi. Selain untuk melindungi simpanan lengas-tanah, mulsa organik kasar dapat menahan air lebih banyak, sehingga menangkap curah hujan dan air irigasi untuk dilepaskan kemudian dan mencegah limpasan permukaan.

Efek dari praktek pengelolaan tanah tertentu (pengolahan tanah konvensional, mulsa seresah yang diikat dan sisa tanaman) untuk konservasi air tanah di daerah semi-kering Kenya dipelajari selama periode hujan pendek 1988, dan periode hujan panjang 1989 (Gicheru, 1994). Perlakuan yang dicobakan adalah mulsa biomasa yang diikat dan pengolahan tanah konvensional dengan tiga ulangan dalam rancangan acak kelompok. Sembilan petak percobaan, masing-masing $4 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ dibuat pada lereng 2%. Selama masa penelitian, kelembaban tanah dipantau setiap minggu menggunakan probe-neutron pada kedalaman yang telah ditentukan dengan kedalaman maksimum 120 cm. Kalibrasi probe-neutron dilakukan untuk tanah-tanah pada dua kedalaman: 0-90 cm dan 90-120 cm. Kebutuhan untuk mengkalibrasi probe pada kedalaman 90-120 cm muncul karena adanya konkresi besi dalam kisaran kedalaman ini. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, mulsa sisa tanaman menghasilkan lebih banyak lengas tanah ke dalam profil tanah sepanjang dua musim dalam waktu dua tahun dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Petakan lahan dengan guludan-telanjang memiliki jumlah terendah kelembaban tanah dalam profil tanah selama dua musim. Dengan demikian penerapan mulsa biomasa sisa tanaman di permukaan tanah tampaknya menjadi praktek-terbaik pengelolaan tanah untuk meningkatkan konservasi air tanah dan meningkatkan kinerja tanaman di daerah marginal curah hujan di Kenya (Gicheru, 1994).

Potongan rumput dari padang-rumput kadang-kadang dikumpulkan dan digunakan di tempat lain sebagai bahan-mulsa. Potongan rumput yang padat dan cenderung membentuk tikar yang kompak, dicampur dengan daun-daun pohon atau kompos kasar untuk memberikan aerasi dan untuk memfasilitasi dekomposisinya tanpa menimbulkan bau busuk. Biomasa segar potongan rumput yang membusuk dapat merusak tanaman; proses dekomposisi ini seringkali menghasilkan akumulasi panas yang membahayakan tanaman. Potongan rumput seringkali dikeringkan secara menyeluruh sebelum aplikasinya sebagai mulsa, hal ini dapat memoderasi proses dekomposisi yang cepat dan generasi panas yang berlebihan. Biomasa segar potongan rumput hijau relatif kaya kandungan nitrat dan ketika digunakan sebagai mulsa,

banyak nitrat yang dikembalikan ke tanah tetapi penghapusan rutin biomasa potongan rumput dapat mengakibatkan defisiensi hara di padang rumput.

Mulsa biodegradable yang berkualitas biasanya terbuat dari pati dan gula tumbuhan atau serat polyester. Pati tersebut berasal dari tanaman seperti gandum dan jagung. Film mulsa ini mungkin lebih permeabel, sehingga memungkinkan lebih banyak air infiltrasi ke dalam tanah. Mulsa ini dapat mencegah erosi tanah, mengurangi penyiangian gulma, menjaga kelembaban tanah, dan suhu tanah meningkat. Pada akhirnya hal ini dapat mengurangi jumlah herbisida yang digunakan dan menghemat tenaga kerja manual yang harus dilakukan sepanjang musim tanam. Pada akhir musim mulsa ini biasanya mulai terdegradasi oleh panas. Mikroorganisme dalam tanah mendekomposisi biomasa mulsa menjadi dua komponen (air dan CO₂) tanpa meninggalkan residu beracun. Sumber mulsa ini menghemat tenaga kerja karena tidak perlu dibuang pada akhir musim dan benar-benar dapat ditanamkan ke dalam tanah.

Bahan mulsa ini harus diaplikasikan pada hari yang tidak panas dan dengan sedikit ketegangan mulsa sintetis. Mulsa ini juga dapat diaplikasikan dengan mesin atau tangan, tetapi yang ideal untuk memiliki material mulsa yang berukuran butiran tepung, sehingga memungkinkannya untuk dapat menempel ke partikel tanah. Manfaat lain dari mulsa-hidup adalah memperlambat pertumbuhan gulma, dan melindungi tanah dari erosi air dan erosi oleh angin. Beberapa mulsa hidup ternyata mampu meningkatkan populasi musuh alami bagi hama tanaman (Hartwig dan Amon, 2002). Kacang-kacangan yang digunakan sebagai mulsa-hidup juga menyediakan fiksasi N₂, mengurangi kebutuhan pupuk N. Tanaman kacang-kacangan memiliki efek positif yang penting terhadap siklus hara tanaman pohon (Lehmann *et al.*, 2000). Mulsa-hidup jenis polong-polongan biasanya mampu bekerja melalui tiga cara, yaitu: (1) Memfiksasi N₂ atmosfer yang penting bagi tanaman utama, (2) mendaur-ulang hara tanah, dan (3) Meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah bagi tanaman utama. Lehmann *et al.*, (2000) mengukur akumulasi biomassa di atas tanah dari *Pueraria phaseoloides*, yang merupakan mulsa-hidup pada tanaman pohon tropis. Hasil pengukurannya menemukan bahwa *Pueraria* akumulasi 838 Mg

bahan kering per ha, dibandingkan dengan 4.4 Mg /ha yang dihasilkan oleh *Theobroma grandiflorum*, dan 1.4 Mg/ha yang dihasilkan oleh *Bactris gasipaes* (Lehmann *et al.*, 2000). Kedua spesies yang terakhir ini adalah spesies asli yang dibudidayakan dari Amazon.

Akumulasi garam di zona akar dapat dikontrol dengan mengurangi gerakan ke atas dari garam dan penguapan di daerah lahan kering. Zhao *et al.*, (2014) meneliti efek aplikasi mulsa jerami dan pembenaman lapisan jerami terhadap kelembaban tanah, salinitas tanah dan pertumbuhan tanaman bunga matahari. Percobaan lapangan tiga tahun dilakukan di Distrik irigasi Hetao, Mongolia-Cina. Tiga praktek manajemen lahan yang dipelajari, yaitu: pengolahan tanah secara mendalam tanpa mulsa (CK), pengolahan tanah secara mendalam dengan mulsa jerami (SM) dan aplikasi mulsa jerami dan pembenaman lapisan jerami jagung (12 ton.ha-1) dikombinasikan pada kedalaman 40 cm (SM+SL) kecuali pada paruh ke dua musim tanam pertama, kelembaban tanah pada kedalaman 0-40 cm lebih tinggi pada perlakuan SM+SL dan SM dibandingkan dengan perlakuan CK. Demikian juga kelengasan topsoil (0-20 cm) selama periode pertumbuhan awal pada perlakuan SM+SL lebih tinggi daripada perlakuan SM sebesar 1,6-9,9% pada 2011 dan 1,6-3,4% pada tahun 2013, tetapi nilai kelengasan topsoil pada perlakuan SM+SL adalah 2,1- 10,4% lebih tinggi daripada perlakuan SM selama seluruh periode pertumbuhan 2012. Dibandingkan dengan perlakuan SM, ternyata salinitas topsoil pada perlakuan SM+SL menurun 5,4-23% pada tahun 2011; 0,7-19,8% pada tahun 2012 dan 4,5-31,6% pada tahun 2013, tetapi dua perlakuan mulsa moderat ini meningkatkan salinitas tanah lapisan bawah (20-40 cm) dibandingkan dengan perlakuan CK. Selanjutnya, perlakuan SM+SL mempromosikan pertumbuhan tanaman bunga matahari, seperti yang ditunjukkan oleh tanaman lebih tinggi dan indeks luas daun yang lebih besar. Biomassa batang tanaman bunga matahari yang tertinggi diperoleh pada perlakuan SM+SL. Rata-rata di tiga tahun, perlakuan SM+SL meningkatkan biomassa batang tanaman 4,8% dibandingkan dengan perlakuan SM dan 20,8% dibandingkan dengan perlakuan CK (Zhao *et al.*, 2014). Perlakuan SM+SL menjadi

praktek manajemen tanah salin yang efektif di lokasi Distrik Irigasi Hetao dan daerah lain yang kondisi ekologiannya serupa.

Sistem pertanian dnegan olah tanah konvensional dan penghapusan jerami telah diketahui dapat menurunkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen karena mengurangi agregasi tanah dan stabilitas agregat, serta degradasi sifat-sifat tanah lainnya. Untuk menentukan dampak dari pembedaan seresah jerami terhadap agregat tanah dan hasil panen, maka dilakukan percobaan di daerah semiarid selama empat tahun (2007-2010) (Zhang, et al., 2014). Empat perlakuan yang dicobakan adalah: (i) tanpa pembedaan jerami (CK); (ii) pembedaan jerami jagung dengan dosis rendah 4500 kg/ha (L); (iii) pembedaan jerami jagung dengan dosis menengah 9000 kg/ha (M); dan (iv) pembedaan jerami jagung dengan dosis tinggi 13500 kg/ha (H). Pada tahun akhir percobaan (2010), bobot isi tanah rata-rata (0-60 cm) menurun secara signifikan pada perlakuan H, M dan L, yakni sebesar 4,13%, 3,21% dan 1,80% dibandingkan dengan perlakuan control CK dan perlakuan ini ternyata juga sangat meningkatkan total-porositas tanah. Perlakuan pembedaan jerami meningkatkan distribusi ukuran agregat tanah dan stabilitas agregat tanah pada lapisan tanah 0-40 cm, sesuai dnegan urutan: H/M>L>CK. Pembedaan jerami secara signifikan meningkatkan kadar air tanah dibandingkan dengan perlakuan control CK. Hasil tanaman yang lebih tinggi dan efisiensi penggunaan air yang lebih besar dapat dicapai dengan perlakuan H, M dan L, dibandingkan dengan perlakuan control CK, dimana perlakuan ini meningkatkan hasil panen tanaman sebesar 22,49%, 22,82%, dan 10,62%, dan efisiensi penggunaan air meningkat sebesar 32,11%, 29,29% , dan 14,05% (Zhang *et al.*, 2014).

Aplikasi bahan-amandemen organik ke permukaan tanah telah dilakukan secara luas untuk memperbaiki kondisi fisik tanah lapisan atas, terutama berkenaan dengan suhu tanah, penguapan air dan kadar lengas tanah. Air yang dicegat oleh mulsa dan kanopi tanaman melibatkan kehilangan air melalui penguapan sehingga tidak pernah mengisi ulang simpanan air tanah. Cook, Valdes dan Lee (2006) mengevaluasi kondisi hidrologi dan suhu tanah di bawah mulsa bahan-sintetis, mulsa sampah organik, mulsa jerami gandum (*Tritium aestivum* L.) dan jerami kedelai (*Glycine*

max L. Merrill) yang diaplikasikan pada ketebalan yang berbeda, dalam kondisi rumah kaca dan lapangan. Kehilangan intersepsi air oleh tajuk tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan mulsa dapat memodifikasi keseimbangan air tanah dengan mempengaruhi kadar lengas-tanah di bawah lapisan mulsa yang tebal. Mulsa memiliki efek menguntungkan pada kandungan lengas-tanah dan suhu tanah. Temuan ini penting untuk mengidentifikasi praktik mulsa untuk pertanian lahan kering dan untuk mendukung skenario perubahan iklim yang memprediksi curah hujan yang lebih rendah dan suhu yang lebih tinggi selama musim panas (Cook, Valdes dan Lee, 2006).

Penguapan air tanah dari permukaan tanam adalah kehilangan air hujan yang produktif, sehingga efisiensi penggunaan air hujan dapat membantu untuk mempertahankan produksi lahan kering. Tesfahuney *et al.*, (2015) mempelajari efek naungan kanopi (CS) dan tingkat mulsa (ML) terhadap penguapan air tanah (Es) dari masing-masing 1 m bagian system pemanenan air hujan di lapangan (IRWH) dan mengevaluasi penguapan air tanah dari Model Ritchie (α') dan Stroosnijder (β') pada efek perlakuan permukaan.

Ketebalan mulsa adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi kelembaban tanah dan suhu tanah. Dua percobaan lapangan dilakukan di Gaolan, Gansu, Cina, untuk menyelidiki pengaruh ketebalan campuran mulsa kerikil pasir terhadap suhu tanah, evaporasi, evapotranspirasi, efisiensi penggunaan air (WUE) dan hasil tanaman (Wang, et al., 2014). Ada lima macam ketebalan mulsa kerikil-pasir dalam Percobaan 1 (yaitu 3, 5, 7, 9 dan 11 cm; tanpa tanaman) dan empat macam ketebalan mulsa kerikil-pasir ditambah 80% mulsa film plastik pada Percobaan 2 (yaitu 3, 5, 8 dan 11 cm; ditanami semangka). Ada hubungan negatif yang erat antara ketebalan mulsa dan evaporasi air-tanah, mengikuti fungsi eksponensial. Mulsa menurunkan evaporasi air tanah hingga ketebalan mulsa 7 cm. Suhu tanah pada pukul 11:00-18:00 sedikit lebih rendah pada lingkungan bermulsa dibandingkan dengan tidak ada mulsa, sehingga aplikasi mulsa tidak hanya menurunkan perbedaan suhu antara siang dan malam, tetapi juga menurunkan suhu rata-rata. Selain itu, suhu tanah puncak pada kedalaman 5 cm juga berkurang dan

suhu tanah pada malam hari “dibesarkan” dengan peningkatan ketebalan mulsa. Mulsa tidak berpengaruh lebih lanjut pada suhu tanah ketika ketebalan lebih dari 7 cm. Dengan 80% mulsa film plastik, dampak yang signifikan terhadap hasil buah semangka dan nilai WUE terdeteksi di antara perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini, dengan hasil buah tertinggi dan nilai WUE diperoleh pada ketebalan mulsa 8 cm. Oleh karena itu, ketebalan mulsa 7-8 cm menjadi pilihan yang paling tepat untuk mulsa kerikil-pasir guna mempertahankan hasil buah yang tinggi dan nilai WUE yang tinggi (Wang, et al., 2014).

Penggunaan kerikil dan pasir sebagai mulsa telah menjadi teknik pertanian tradisional untuk produksi tanaman selama lebih dari 300 tahun di wilayah semiarid di Cina. Ma dan Li (2011) meneliti pengaruh tekstur dan ketebalan mulsa kerikil+pasir terhadap penyimpanan air tanah dengan percobaan lapangan. Percobaan tekstur terdiri atas tiga perlakuan mulsa kerikil, yaitu: kerikil, kerikil+pasir, dan pasir halus; dan percobaan ketebalan mulsa terdiri dari 1, 2 dan 3 lapis kerikil setebal 2 cm. Setiap perlakuan memiliki tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mulsa kerikil+pasir ternyata lebih efektif dalam konservasi air tanah, dibandingkan dengan perlakuan tanah kosong; dan mulsa campuran kerikil+pasir lebih efektif untuk menghemat air tanah dibandingkan dengan mulsa kerikil atau mulsa pasir. Kadar air tanah meningkat dengan ketebalan mulsa (banyaknya lapisan kerikil), perlakuan mulsa satu lapis memiliki kadar air tanah rata-rata 10,85% pada lapisan tanah 0-60 cm setelah curah hujan 10 mm; dan kandungan air-tanah lebih rendah sebesar 2,42% dan 4,92% pada perlakuan mulsa 2 lapisan dan 3 lapisan. Dari Mei hingga Oktober tahun 2004, ternyata perlakuan mulsa dua lapis dan tiga lapisan menghemat $9,8 \pm 6,6$ mm dan $20,0 \pm 14,3$ mm lebih banyak air, dibandingkan dengan perlakuan mulsa satu lapisan, pada kedalaman tanah 0-100 cm (Ma dan Li, 2011).

Ekosistem tadah hujan, dataran rendah di India timur ditandai dengan tanah bertekstur halus, topografinya cekungan, stagnasi air hujan dan kemungkinan ancaman banjir. Daerah ini sebagian besar tertutup dengan durasi panjang (≥ 150 hari) varietas padi pada musim hujan dan setelah itu tanah dibiarkan kosong (bera). Periode bera tanpa tanaman merupakan pemborosan sumberdaya dan paket pengelolaan

tanaman diperlukan untuk mendorong pemanfaatan yang lebih efektif sumberdaya tanah dan air. Penelitian pada tanah lempung liat (liat halus Aeric Haplaquept) selama bulan-bulan musim dingin 1996-1997 dan 1997-1998 untuk mengevaluasi pengaruh intensitas pengolahan dan manajemen mulsa terhadap suhu tanah lapisan atas (0-0.2 m), pola pengurasan lengas-tanah, hasil tanaman dan efisiensi penggunaan air oleh tanaman sarson kuning (*Brassica napus* L. var. *glauca*) (Sarkar, Paramanick dan Goswami, 2007). Tanpa olah tanah (ZT) dan pengolahan tanah konvensional (CT, dua kali pembajakan) sebagai plot utama dan tiga perlakuan mulsa sebagai sub-plot: tanpa mulsa (NM), mulsa biomasa kering eceng gondok (HM) dan mulsa jerami padi (SM). Suhu tanah pagi-hari pada kedalaman 0,0-0,2 m adalah 0.1-0.8°C lebih tinggi pada perlakuan CT dibandingkan dengan perlakuan ZT. Perbedaannya sebesar 0,1-0,4°C pada pupuk 14:00. Hasil biji dari tanaman sarson kuning pada perlakuan ZT adalah 1.175 kg.ha⁻¹, sekitar 25% lebih tinggi daripada perlakuan CT. Nilai tertinggi (1,212 kg.ha⁻¹) hasil biji diperoleh pada perlakuan SM, yaitu 7% dan 41% lebih tinggi daripada perlakuan HM dan NM. Efisiensi penggunaan air (WUE) pada perlakuan ZT adalah 17% lebih besar daripada perlakuan (Sarkar, Paramanick dan Goswami, 2007). Nilai WUE meningkat sebesar 45% dan 37% pada perlakuan SM dan HM, bila dibandingkan dengan perlakuan NM. Dalam ekosistem sawah tadah hujan, ternyata adopsi ZT dan mulsa organik dapat memanfaatkan sisaan kelembaban tanah setelah tanaman padi, hal ini menghasilkan pola tanam padi - sarson kuning yang paling menguntungkan.

Mulsa jerami biasanya dapat mengurangi penguapan air-tanah dan menstabilkan suhu tanah, sehingga meningkatkan hasil tanaman; efek ini mungkin tergantung pada kondisi input air irigasi. Dua percobaan di sawah dataran rendah di Lao PDR menguji efek dari mulsa jerami padi dengan berbagai kondisi pasokan air baku hingga kondisi pasokan air dikurangi dengan menggunakan irigasi tetes atau metod irigasi alur rendah (WI) dengan meningkatkan interval irigasi-alur sebelum tanaman berbunga, terhadap pertumbuhan dan hasil jagung manis (Vial, Lefroy dan Fukai, 2015). Komponen neraca air ditentukan untuk menjelaskan mekanisme interaksi perlakuan mulsa dan pasokan air pada tanaman jagung yang ditanam setelah

panen padi. Percobaan menemukan bahwa penambahan jerami mulsa diperkirakan mengurangi estimasi evaporasi tanah sebesar 114-163 mm, tetapi hanya sebagian kecil yang dialokasikan menjadi transpirasi, sehingga fluks non-transpirasi (perbedaan antara input air dan transpirasi) hanya sedikit berubah. Ketika mulsa ditambahkan dan pasokan air irigasi juga berkurang, hal ini dapat mempertahankan atau meningkatkan transpirasi, mengurangi fluks non-transpirasi dan karenanya secara substansial meningkatkan produktivitas air (WP). Sebagian besar non-transpirasi fluks terjadi pada umur tanaman 60 hari pertama; ini merupakan kesempatan untuk menerapkan perlakuan guna meningkatkan produktivitas air selama 60 hari pertama (Vial, Lefroy dan Fukai, 2015) ..

Mulsa memiliki efek yang lebih besar dengan interval irigasi-parit yang diperpanjang sebelum fase berbunga dibandingkan dengan interval standar, tetapi tidak ada efek yang signifikan pada sistem irigasi tetes. Dalam Percobaan 1, mulsa meningkatkan hasil tongkol segar dan produktivitas air (air irigasi ditambah curah hujan) (WP) sebesar 42% dengan WI rendah, tetapi tidak berpengaruh pada kondisi WI tinggi atau pada sistem irigasi tetes. Kombinasi mulsa dan pengurangan masukan air dari WI tinggi menjadi WI rendah ternyata meningkatkan margin kotor (GM) per hektar sebesar 20% dan GM per m³ pasokan air sebesar 66% karena terjadinya peningkatan hasil dan pengurangan biaya air dan tenaga kerja. Dalam Percobaan 2, mulsa meningkatkan hasil tongkol segar, nilai WP sebesar 93% dan konsekuensi GM dengan WI rendah, tetapi juga meningkatkan hasil tongkol segar dan WP sebesar 60% dan GM dengan WI tinggi. (Vial, Lefroy dan Fukai, 2015). Mulsa dan pengurangan input-air (dengan cara meningkatkan selang irigasi sebelum berbunga) ternyata mampu mempertahankan atau meningkatkan hasil tongkol, dan peningkatan margin kotor per hektar dan per m³ pasokan air. Di daerah dengan pasokan air yang terbatas, sehingga membutuhkan pengurangan pasokan air dan peningkatan produktivitas air, maka aplikasi mulsa memungkinkan pengurangan pasokan air dan mampu mempertahankan atau meningkatkan pendapatan petani jagung manis (Vial, Lefroy dan Fukai, 2015).

Pengaruh mulsa plastik dalam budaya nanas terhadap pada generasi runoff (limpasan permukaan) dan erosi tanah ternyata sangat beragam dan belum sepenuhnya dapat dipahami secara saintifik. Percobaan simulasi curah hujan dilakukan pada tanah Oxisol untuk produksi nanas (Wan dan El-Swaify, 1999). Empat perlakuan yang dicobakan adalah tanpa tutupan muka- tanah (disebut tanah kosong), mulsa plastik sebagai satu-satunya penutup (plastik), tajuk nanas sebagai satu-satunya penutup (mahkota), dan plastik+nanas sebagai penutup tanah (plastik+nanas). Kemiringan rata-rata plot ini adalah 4.2% dan semua petakan lahan diolah menjadi konfigurasi guludan-dan-parit. Untuk setiap perlakuan, tiga hujan yang berturut-turut diberlakukan, yaitu: `run-kering' dengan intensitas 35 mm.jam⁻¹ pada tanah yang kondisi awalnya kering; `run-basah' dengan intensitas yang sama pada hari berikutnya; dan `run sangat-basah' dengan intensitas 62 mm.jam⁻¹ yang segera diikuti periode basah. Limpasan permukaan diukur dan sampel diambil setiap 5-10 menit hingga tercapai keadaan stabil. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mulsa plastik secara substansial mempercepat generasi limpasan dan erosi tanah karena sifatnya yang kedap air. Kehadiran simultan mulsa mulsa+nanas, cenderung menghambat generasi limpasan dan mengurangi erosi tanah. Untuk semua hujan, tingkat limpasan dan erosi di plot plastik+nanas ternyata lebih kecil daripada perlakuan tanah-telanjang dan plot nanas (30-50% lebih sedikit) karena adanya cekungan mikro yang terbentuk dalam sistem plastik-nanas mampu meningkatkan infiltrasi. Plot tanpa mulsa plastik menunjukkan penyegelan permukaan tanah (kerak-permukaan) yang menghambat infiltrasi. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa mulsa plastik yang digunakan di perkebunan nanas belum tentu meningkatkan limpasan dan erosi tanah.

2.5.2. Aplikasi kompos dan kapasitas air tersedia

Kompos adalah, humus-seperti bahan bersahaja berbau yang merupakan produk peluruhan aerobik dikendalikan dari nitrogen organik (seperti pupuk kandang) dan karbon (seperti serbuk gergaji, jerami atau daun). Satu keuntungan dari kompos adalah kemampuannya untuk menahan kelembaban. Fokus dari artikel ini adalah untuk memahami bagaimana memilih kompos yang meningkatkan kapasitas menahan

air tanah ini. Hal ini penting untuk memahami pada awal bahwa tidak semua kompos yang sama. Misalnya, kompos yang terbuat dari kotoran yang tidak sama dengan kompos yang terbuat dari daun. Kandungan gizi, keragaman mikroorganisme dan penduduk, kapasitas tukar kation dan menahan kapasitas air kompos dapat berbeda berdasarkan pada bahan baku yang digunakan untuk membuat kompos, proses yang digunakan untuk membuat kompos dan kematangan kompos pada saat aplikasi.

Para pakar ilmu tanah melaporkan bahwa untuk setiap 1 persen dari kandungan bahan organik, tanah dapat menahan 16.500 galon air tanaman tersedia per acre tanah ke satu kaki yang mendalam. Itulah kira-kira 1,5 liter air per kaki kubik tanah untuk setiap persen bahan organik. Meningkatkan kandungan bahan organik 1-2 persen akan meningkatkan volume air 3 liter per kaki kubik tanah. Rodale Institute presenter, di sisi lain, menganggap bahwa 1 pon karbon dapat menyimpan hingga 40 pon air. Yang menghitung keluar menjadi sekitar 38.445 galon air Total per acre enam inci. Intinya di sini adalah bahwa bahan organik memegang banyak air, sehingga, jumlah materi organik dalam tanah langsung mempengaruhi ketersediaan air untuk tanaman dari waktu ke waktu. Namun, bahan organik dalam tanah kering memecah sangat cepat sehingga mendapatkan di atas 2 atau 3 persen sulit untuk dilakukan, tetapi sampai ke 2 sampai 3 persen dapat memiliki dampak positif yang besar.

Sebuah studi tahun 1994 oleh A. Maynard menemukan bahwa lapisan 3 inci kompos daun rototilled ke peningkatan kapasitas air memegang 6 inci kedalaman 2,5 kali dari tanah berpasir asli dan tersedia hampir pasokan 7 hari tanaman air yang tersedia. Dalam sebuah penelitian tahun 2000, Maynard menemukan bahwa meningkatkan kapasitas menahan air tanah dengan menambahkan kompos membantu semua tanaman selama kekeringan musim panas dengan mengurangi periode stres air. Jumlah air di lapisan bajak (8 inci) dari kompos diubah tanah meningkat menjadi 1,9 inci dibandingkan dengan 1,3 inci di tanah belum diamandemen. Sejak sayuran membutuhkan 1 inci air seminggu, pada kapasitas lapangan, tanah kompos diubah mengadakan pasokan 2 minggu air.

Faktor pembatas untuk aplikasi kompos di Michigan adalah kadar fosfor tanah. Dalam Praktek yang berlaku umum Pertanian dan Pengelolaan Pemanfaatan Hara, ia menyatakan bila kadar fosfor tanah melebihi 300 pound per acre, ada sumber fosfor dapat diterapkan. Itu berarti tidak ada kompos dapat diterapkan pada tanah yang melebihi 300 pound per acre. Ketika kadar fosfor tanah adalah antara 150 dan 299 pound per acre, kompos diterapkan berdasarkan tingkat penghapusan fosfor dari tanaman. Ketika tingkat fosfor tanah kurang dari 150 pound per acre, kompos diterapkan berdasarkan persyaratan nitrogen dari tanaman.

Bagi sebagian besar lahan pertanian di Michigan, ini berarti bahwa jumlah yang rendah kompos akan diterapkan, sehingga memilih kompos tinggi dalam bahan organik adalah penting jika meningkatkan kapasitas menahan air tanah adalah tujuan Anda. Petani dapat memilih kompos yang memiliki kandungan bahan organik antara 50-60 persen dan kapasitas memegang air dari 100 persen atau lebih tinggi. Ketika membeli kompos, meminta untuk melihat analisis untuk memverifikasi kandungan bahan organik dan kapasitas menahan air.

Bahan organik tanah dibangun dari waktu ke waktu dengan aplikasi terus menerus kompos. Beberapa petani telah menemukan bahwa menerapkan 1-2 ton kompos / are / tahun pada tanaman lapangan membuat perbedaan dalam kemampuan tanah untuk tumbuh tanaman. Diperkirakan menerapkan satu ton kompos untuk acre pada tanah dengan 1 persen bahan organik dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah yang sebesar 10 persen. Kompos yang tersebar merata di atas satu acre pada kedalaman satu inci sama dengan sekitar 135 yard kubik atau 54 ton, dengan asumsi kompos memiliki 60 persen bahan organik dan bulk density 800 lbs. / Yard kubik dengan kelembaban 30%.