

RINGKASAN

Muhammad Rizki Abdina. 105040201111004. Kajian Sifat Fisik Tanah Pada Berbagai Sistem Pengelolaan Lahan Untuk Tanaman Cabai Di Desa Bocek Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. Dibawah bimbingan (1) Soemarno, dan (2) Sativandi Riza

Salah satu daerah yang membudidayakan tanaman cabai yaitu Desa Bocek, Kecamatan Karangploso yang merupakan salah satu daerah penghasil cabai terbesar selain Pujon. Di desa tersebut terdapat 3 (tiga) jenis pengelolaan lahan untuk tanaman cabai, yaitu cabai tumpangsari, cabai semi-organik dan cabai anorganik. Pengelolaan cabai tumpangsari menggunakan *Arachis hypogaea L* (kacang tanah) dan pupuk organik berupa kompos. Pengelolaan lahan tanaman cabai semi-organik menggunakan pupuk anorganik dan pupuk organik yang berupa kompos. Sedangkan untuk pengelolaan lahan tanaman cabai anorganik menggunakan pupuk anorganik saja. Pengelolaan lahan yang berbeda-beda tersebut akan menyebabkan perbedaan proses agregasi, perbedaan proses agregasi tersebut akan menyebabkan perubahan sifat fisik dari tanah itu sendiri. Perubahan sifat fisik yang signifikan adalah bobot isi, bobot jenis, tekstur tanah, kadar air tanah, porositas, kemantapan agregat dan ketahanan penetrasi.

Penelitian ini bertujuan : (1) menganalisis perbedaan sifat fisik tanah pada berbagai pengelolaan lahan tumpangsari, semi organik dan anorganik pada lahan tanaman cabai, 2) menganalisis keterkaitan antara pola pengelolaan lahan cabai, sifat fisika tanah dan hasil tanaman cabai.

Penelitian dilaksanakan di Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Penelitian dan pengambilan contoh tanah di lapangan dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Oktober 2014, sedangkan analisis laboratorium dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2014, di laboratorium fisika dan kimia tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan dan analisis laboratorium dengan tahapan sebagai berikut : (1) Persiapan, (2) Pra Survei, (3) Survei lapangan, (4) Penentuan Plot Pengamatan, (5) Pengambilan sampel tanah, (6) analisis contoh tanah di laboratorium.

Hasil penelitian ini antara lain : (1) Pola pengelolaan lahan cabai tumpangsari memberikan pengaruh yang lebih memperbaiki sifat fisik tanah bila dibandingkan dengan pengelolaan lahan semi organik dan anorganik. Pengaruh ini terjadi pada nilai C-organik tanah, bobot isi, bobot jenis, konduktivitas hidrolis jenuh, kemantapan agregat dan penetrasi tanah. (2) Pengelolaan lahan tumpangsari memberi dampak yang lebih baik terhadap sifat fisik tanah dan menghasilkan buah cabai lebih banyak.

SUMMARY

Muhammad Rizki Abdina. 105040201111004. The Study of Soil Physical Characteristics at Various Land Management Systems of Chili (*Capsicum annuum* L.) In in Bocek village, Karangploso Sub-Regency, Malang Regency. Under Guidance: (1) Soemarno, (2) Sativandi Riza.

One of the areas that cultivate chili crop is the Bocek Village, Karangploso Subdistrict, one of the largest chilli producing areas in the Malang Regency. In this village, there are three types of land management for chili plants, i.e. intercropping chili, chili peppers semi-organic and inorganic. The chilli intercropping management involved *Arachis hypogaea* L (peanuts) and fertilizer in the form of organic compost. Soil management in the semi-organic chilli cropping applied inorganic fertilizer and organic compost. While for soil management it the inorganic chilli cropping only applied inorganic fertilizer. The different soil management resulted in the process of soil aggregation of a difference level, the soil aggregation processes promoted any changes of soil physical properties. Changes the physical soil properties included of bulk-density, specific gravity, soil structure, available water capacity, soil porosity, aggregate stability and soil penetration resistance.

Purposes of this research are: (1) to analyze the soil physical properties at various soil management in the chili cropping, (2) to analyze the relationship between soil management, soil physical properties and yield of chilli.

The field research was done in September up to December 2014, in the Bocek village, Karangploso Sub-district, Malang Regency. Laboratory analysis was done in Physical Laboratory of Soil Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. This research consist of field survey and laboratory analysis, the stages of this research are: (1) preparations, (2) pre survey, (3) Field survey, (4) determining observation plots, (5) soil sampling, and (6) soil sample laboratory analysis.

Results of this research are: (1) soil management in the chilli intercropping system suggests the better impacts on the soil physical properties when compared with soil management in other chilli cropping. These impacts are on the content of soil C-organic, bulk density, particle density, hydraulic conductivity, aggregate stability and soil penetration resistance. (2) Soil management in the intercropping system resulted in more suitable soil physical properties for chilli and produced a higher fruits yield.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“KAJIAN SIFAT FISIK TANAH PADA BERBAGAI SISTEM PENGELOLAAN LAHAN UNTUK TANAMAN CABAI DI DESA BOCEK KECAMATAN KARANGPLOSO KABUPATEN MALANG”**. Adapun tujuan dari penyusunan proposal skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini, penulis berkenan menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS. selaku Ketua Jurusan Tanah;
2. Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS selaku dosen pembimbing utama atas pengarahan, saran dan bimbingannya;
3. Sativandi Riza, SP, M.Sc, selaku dosen pembimbing pendamping atas pengarahan, saran dan bimbingannya;
4. Papa, mama, keluarga ABDINA dan saudara saya atas nasehat, dorongan dan doanya;
5. Teman-teman Manajemen Sumbidaya Lahan 2010 atas bantuan, dukungan dan doanya yang telah diberikan;
6. Dan semua pihak yang telah membantu kelancaran pembuatan proposal penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, sumbangan pemikiran, kritik serta saran sangat penulis harapkan.

Malang, 25 Juni 2015

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Muhammad Rizki Abdina, dilahirkan pada tanggal 15 Februari 1993 di Kota Tanjung Balai merupakan anak keempat dari enam bersaudara dengan seorang ayah yang bernama H. Abdus Salam, S.H dan seorang ibu bernama Hj. Darlina Yusrah. Penulis memulai pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK DAAR ULUM Kota Kisaran (1997-1999). Kemudian dilanjutkan ke pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 060818 Kota Medan (1999-2004). Setelah itu penulis melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 6 Kota Medan (2004-2007), dan diteruskan ke tingkat selanjutnya yaitu Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Kota Bogor (2007-2010). Kemudian penulis melanjutkan studi S1 nya di Perguruan Tinggi tepatnya di Universitas Brawijaya-Malang, Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi angkatan 2010 melalui jalur Penjarangan Siswa Berprestasi (PSB).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Ekologi Pertanian pada tahun pembelajaran 2013/2014; Survey Tanah dan Evaluasi Lahan pada tahun pembelajaran 2013/2014; Menejemen Agroekosistem pada tahun pembelajaran 2012/2013 dan 2013/2014; Manajemen Kesuburan Tanah tahun 2013/2014 dan Teknologi Konservasi Sumberdaya Lahan tahun 2013/2014.

Selama menempuh pendidikan penulis pernah aktif dalam organisasi Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya sebagai Staff ahli periode 2012/2013 dan Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada Ketua Departemen III (Infokom dan Minat Bakat) periode 2013/2014, selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan, dan pernah menjadi delegasi PORI (Pekan Olahraga Ilmu Tanah) Di Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan mendapatkan juara 2 dibidang olahraga futsal dan juara 2 dibidang olahraga basket.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Manfaat Hasil Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengelolaan Lahan	4
2.2. Sifat Fisik Tanah	5
2.2.1. Tekstur Tanah	5
2.2.2. Bobot Isi Tanah	6
2.2.3. Bobot Jenis Tanah	7
2.2.4. Kemantapan Agregat	8
2.2.6. Porositas Tanah	11
2.2.7. Ketahanan Penetrasi	12
2.3. Karakteristik Tanah dalam Pengelolaan Lahan Tanaman Cabai	13
2.3.1. Karakteristik Fisika Tanah	13
2.3.2. Bahan Organik Tanah (BOT)	14
2.3.3. Salinitas dan pH tanah	15
2.3.4. Lengas Tanah dan Irigasi	17
2.3.5. Ketersediaan Hara dan Pemupukan.	27
2.3.6. Pengolahan Tanah.	37
2.3.7. Mulsa dan Pemulsaan	38
III. METODE PENELITIAN	43
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	43
3.2. Alat dan Bahan	43
3.3. Pelaksanaan Penelitian	43
3.4. Analisis Karakteristik Tanah	46
3.5. Analisis Data	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1. Sifat Fisik Tanah	57
4.1.1. Tekstur Tanah	57
4.1.2. C-Organik Tanah	59
4.1.3. Bobot Isi (BI) Tanah	60
4.1.4. Bobot Jenis (BJ) Tanah	62
4.1.5. Kemantapan Agregat (DMR)	63

4.1.6. Porositas Tanah	65
4.1.7. Ketahanan Penetrasi	66
4.1.8. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ)	68
4.1.9. Kapasitas Air tersedia	69
4.2. Hubungan Antar Sifat Fisik Tanah	71
4.2.1. C-Organik dan Kemantapan Agregat	71
4.2.2. Porositas dan Kemantapan Agregat	72
4.2.3. C-Organik dan Bobot Isi	73
4.2.4. Bobot Isi dan Porositas	74
4.2.5. Bobot Isi dan Ketahanan Penetrasi	76
4.3. Pengaruh Pengelolaan Tanah Terhadap Sifat Fisik Tanah	77
4.4. Hubungan Sifat Fisika Tanah dengan Produksi Tanaman Cabai	79
4.5. Pengelolaan Lahan Cabai	80
4.5.1. Pengelolaan Tanah Untuk Menurunkan Resistensi Penetrasi dan Meningkatkan Air-Tersedia	82
V. KESIMPULAN DAN SARAN	98
5.1. Kesimpulan	98
5.2. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	114



DAFTAR TABEL

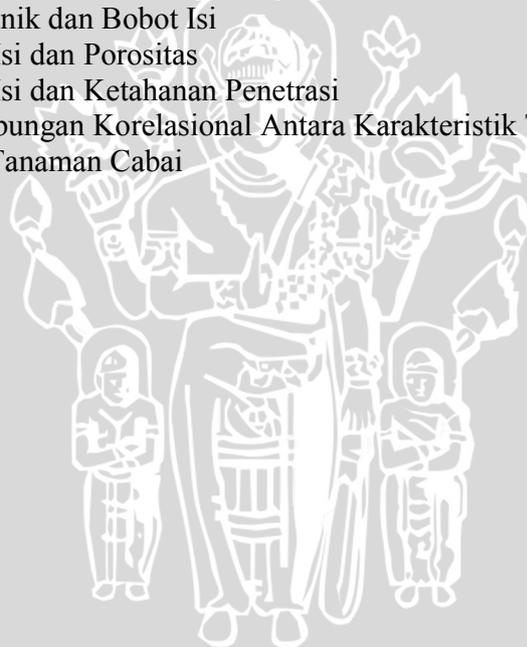
Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisis Parameter Tanah	46
2.	Hasil Perhitungan Sifat Fisik Tanah	57
3.	Hasil tanaman dan karakteristik fisika tanah pada tiga macam pengelolaan lahan dalam budidaya cabai	78
4.	Tabel 3.Matrix Korelasi	80

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Petak Pengambilan Contoh Tanah	45
2.	Perbedaan Tekstur Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	58
3.	C-Organik Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	60
4.	Bobot Isi Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	61
5.	Bobot Jenis Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	63
6.	Indeks DMR Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	63
7.	Porositas Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	65
8.	Ketahanan Penetrasi Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	67
9.	KHJ Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	68
10.	Kapasitas Air Tersedia Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	69
11.	Hubungan C-Organik dan Kemantapan Agregat	72
12.	Hubungan Porositas dan Kemantapan Agregat	73
13.	Hubungan C-Organik dan Bobot Isi	74
14.	Hubungan Bobot Isi dan Porositas	75
15.	Hubungan Bobot Isi dan Ketahanan Penetrasi	76
16.	Diagram Jalur Hubungan Korelasional Antara Karakteristik Tanah dengan Produksi Tanaman Cabai	81



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta Lokasi Pengamatan Desa Bocek Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang	114
2.	Peta Ketinggian Tempat	115
3.	Peta Lereng	116
4.	Peta Bentuk Lahan	117
5.	Tabel Sifat Fisik Tanah Pada Berbagai Pengelolaan Lahan	118
6.	Hasil Uji BNT Sifat Fisik Tanah	118
7.	Tabel Analisis Ragam	119
8.	Tabel Korelasi	121
9.	Kelas Sifat Fisik Tanah 122
10.	Deskripsi Dan Klasifikasi Tanah	124



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cabai merupakan salah satu jenis komoditas hortikultura yang mempunyai peluang pasar cukup menjanjikan. Produksi cabai di Indonesia pada tahun 2013 yaitu 1.030.348 ton dengan produktivitas 8,74 ton/ha (Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura, 2014). Salah satu daerah di Jawa Timur yang banyak membudidayakan tanaman cabai adalah kabupaten Malang. Salah satu penanaman cabai terbesar di kabupaten Malang terletak di Kecamatan Karangploso. Banyaknya daerah yang membudidayakan tanaman cabai di Kecamatan Karangploso menunjukkan bahwa tanaman cabai telah berkembang. Berkembangnya tanaman cabai dipengaruhi oleh faktor teknis dan ekonomis. Salah satu dari faktor teknis adalah lahan. Lahan merupakan faktor yang penting karena merupakan tempat tumbuh tanaman.

Lahan yang subur dapat meningkatkan produktivitas tanaman agar kesuburan lahan dapat dicapai. Oleh karena itu perlu diperhatikan mengenai pengelolaan lahan yang benar agar tidak menyebabkan degradasi lahan. Degradasi lahan dapat menurunkan kualitas lahan dari segi fisik dan kimia tanah. Degradasi dari segi sifat kimia lebih mudah diatasi karena dalam perbaikannya memerlukan biaya, tenaga yang tidak banyak. Kendala pH tanah ini dapat diperbaiki dengan penambahan kapur atau dolomit, kekurangan bahan organik dapat diperbaiki dengan penambahan kompos atau pupuk organik yang lain. Dengan degradasi sifat fisik tanah lebih sulit diatasi, karena perbaikan sifat fisik tanah memerlukan biaya, waktu dan tenaga yang jauh lebih besar.

Tanah yang dikelola secara intensif dan terus-menerus dapat mengalami degradasi kualitasnya, akibat adanya penurunan kemantapan agregat tanah. Penurunan agregat tanah dapat mempengaruhi sifat fisik tanah yang lain, seperti bobot isi, ketahanan penetrasi, porositas, kemampuan menyimpan air tersedia dan konduktivitas hidrolik jenuh. Hal ini dapat berpengaruh terhadap keberlanjutan produktivitas tanaman cabai.

Salah satu cara untuk mencapai keberlanjutan budidaya cabai adalah dengan mengelola lahan cabai dengan sistem pertanaman tumpangsari. Tanaman sela juga berfungsi sebagai tanaman penutup tanah, sehingga dapat membantu memperbaiki sifat fisika tanah, karena air hujan tidak langsung memukul agregat-agregat di permukaan tanah dan menghancurkannya. Selain itu, tanah yang dikelola secara semi organik juga dapat memperbaiki sifat fisika tanah. Hal ini dikarenakan hasil dekomposisi bahan organik tanah berperan dalam proses agregasi tanah dan lebih memantapkan agregat tanah dan meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air tersedia. Lahan yang dikelola secara anorganik secara terus menerus dapat mengakibatkan degradasi sifat fisika tanah, dan tanah dapat menjadi lebih kompak dan mempersulit penetrasi akar tanaman cabai. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya masukan bahan organik ke tanah, sehingga proses agregasi tanah tidak dapat berlangsung dengan baik.

Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, merupakan salah satu daerah penghasil cabai yang cukup besar. Di desa ini terdapat tiga jenis pengelolaan lahan untuk tanaman cabai, yaitu cabai tumpangsari, cabai semi organik dan cabai anorganik. Pengelolaan cabai tumpangsari menggunakan *Arachis hypogaea* L (kacang tanah), selain digunakan untuk tanaman sela, kacang tanah dapat memfiksasi N₂ dari udara menjadi bentuk N-tersedia bagi tanaman, dan biomasanya dapat dikembalikan ke tanah. Pengelolaan lahan tanaman cabai semi organik menggunakan pupuk anorganik dan pupuk organik yang berupa kompos, tanpa tumbuhan penutup tanah. Sedangkan untuk pengelolaan lahan tanaman cabai anorganik menggunakan pupuk anorganik saja tanpa pupuk organik (kompos) dan tidak ada tumbuhan penutup tanah.

Pengelolaan lahan yang berbeda-beda tersebut menyebabkan perbedaan masukan bahan organik ke tanah dan perbedaan proses agregasi tanah. Perbedaan proses agregasi tersebut menyebabkan perubahan sifat fisik dari tanah. Perubahan sifat fisik yang signifikan adalah bobot isi, bobot jenis, tekstur tanah, kadar air tanah, porositas, kemantapan agregat dan ketahanan penetrasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai sifat fisik tanah pada berbagai pengelolaan lahan pada tanaman cabai di Desa Bocek.

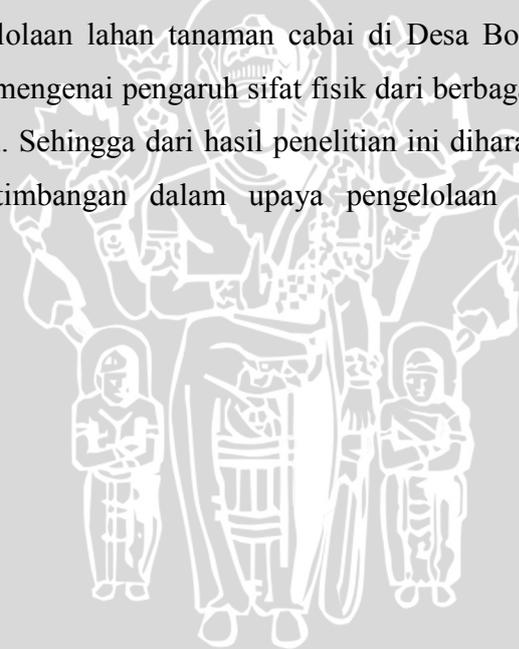
1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis karakteristik fisika tanah pada lahan cabai tumpangsari, lahan cabai semi organik dan lahan cabai anorganik.
2. Menganalisis hubungan antara karakteristik fisika tanah pada tiga tipe pengelolaan lahan cabai dengan produksi cabai.

1.3. Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sifat fisik tanah pada pengelolaan lahan tanaman cabai di Desa Bocek. Selain itu juga memberikan informasi mengenai pengaruh sifat fisik dari berbagai pengelolaan lahan terhadap produksi cabai. Sehingga dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan lahan cabai secara berkelanjutan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelolaan Lahan

Pengelolaan lahan merupakan pengolahan tanah dan tanaman yang tumbuh di atasnya, disertai dengan upaya-upaya perbaikan kualitas tanah untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produktivitas tanaman sedangkan pengelolaan tanah biasanya lebih terbatas pada pengolahan tanah dan perbaikan karakteristik tanah saja (Sutanto, 2002). Lahan merupakan bagian dari bentang alam (*landscape*) yang mencakup lingkungan fisik, seperti topografi, relief, tanah, iklim, hidrologi, keadaan vegetasi, yang secara potensial berpengaruh terhadap penggunaan lahan.

Menurut Hairiah *et al.* (2000), dalam pengelolaan lahan ada dua macam jangka waktunya, yaitu pengelolaan lahan jangka pendek (misalnya pemupukan) dan pengelolaan lahan jangka panjang (misalnya pencegahan erosi-tanah). Pemberian pupuk organik bertujuan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki karakteristik tanah. Respon pupuk organik biasanya lebih lambat daripada pupuk anorganik (pupuk kimia), tetapi biasanya pengaruhnya lebih lama dan ramah lingkungan. Pupuk organik yang banyak digunakan oleh petani adalah pupuk hijau, pupuk kandang, kompos, dan biomasa residu tanaman. Pengangkutan hasil panen yang tidak diikuti pengembalian biomassa ke tanah dapat menyebabkan degradasi kualitas tanah, dan tanah menjadi kurang subur. Sehingga para petani mulai mengembalikan biomasa sisa-sisa panen ke tanah. Biomassa sisa hasil panen tanaman ini dapat berupa jerami padi, jerami jagung, kedelai, kacang tanah, dan biomasa sisa-sisa panen tanaman lainnya.

Pengelolaan lahan jangka panjang yaitu dengan pencegahan erosi-tanah. Pencegahan erosi sangat penting terutama pada lahan-lahan dengan kelerengan yang curam. Adapun usaha-usaha yang dilakukan antara lain adalah dengan membuat guludan sejajar kontur atau menanam tanaman penguat tebing. Pada kondisi intensitas hujan yang tinggi, dan agregat tanah kurang mantap, dapat menyebabkan guludan longsor.

2.2. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah mencakup tekstur tanah, struktur dan agregat tanah, konsistensi, pori-pori tanah, drainase, kandungan air dan gerakan air tanah, serta suhu tanah (Hardjowigeno, 2007). Sifat-sifat fisik tanah ini sangat mendukung terciptanya sifat kimia dan biologi tanah yang mudah dapat dikelola; terutama yang berhubungan dengan ketersediaan air-tanah dan unsur hara dalam tanah.

2.2.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif (dalam bentuk persentase) fraksi pasir, debu, dan liat, dan jumlah totalnya 100%. Pengetahuan tentang tekstur tanah sangat penting, karena tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Sifat-sifat yang dipengaruhi oleh tekstur tanah antara lain porositas, kapasitas air tersedia, kekuatan penetrasi, dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Semakin banyak ruang pori di antara partikel tanah, semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air dalam tanah. Luas permukaan partikel liat jauh lebih besar daripada luas permukaan partikel pasir, hal ini menentukan kemampuan tanah menahan air dan hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Tanah-tanah yang teksturnya berliat biasanya memiliki kemampuan lebih besar untuk memegang air dan hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman.

Penetapan tekstur tanah dapat dilakukan di laboratorium dan di lapangan. Penetapan tekstur di laboratorium biasanya menggunakan Metode Pipet. Hasil yang diperoleh dinyatakan sebagai persentase fraksi pasir, debu dan liat. Persentase fraksi pasir, debu dan liat ini digunakan untuk menentukan kelas-tekstur tanah dengan bantuan segitiga tekstur. Sedangkan penentuan tekstur tanah di lapangan biasanya menggunakan Metode-Perasaan atau "*feeling-test*", yaitu dengan meletakkan sejumlah massa tanah di antara ibu jari dan telunjuk, lalu ditekan dan dirasakan halus dan kasarnya, serta dirasakan adanya butir-butir pasir, debu dan liat. Metode perasaan ini dapat digunakan jika peneliti sudah berpengalaman.

Partikel pasir berukuran relatif lebih besar dan oleh karena itu menunjukkan total luas permukaan (per satuan bobot atau satuan volume) yang lebih kecil

dibandingkan dengan partikel-partikel debu dan liat (Foth, 1998). Karena luas permukaannya relatif kecil, maka dalam pengaturan sifat-sifat kimia tanah mempunyai peranan yang sangat kecil. Namun demikian, karena ukurannya yang besar maka fungsi utamanya adalah sebagai penyokong tanah (kerangka-tanah) yang dikelilingi oleh partikel debu dan liat. Semakin tinggi persentase pasir dalam tanah maka ruang pori makro semakin banyak, sehingga dapat memperlancar gerakan udara dan air dalam tanah.

Tanah-tanah bertekstur pasir dan debu, terdiri atas partikel-partikel pasir dan debu yang dominan, partikel ini berasal dari perombakan fisik batuan dan mineral, partikel-partikel ini berbeda-beda ukurannya (Foth, 1998). Tanah-tanah bertekstur debu biasanya mempunyai laju pelepasan hara tersedia lebih cepat dibandingkan dengan tanah-tanah pasir. Debu terasa halus seperti tepung dan agak cenderung lengket licin jika dibandingkan partikel pasir. Tanah-tanah bertekstur debu mampu menahan air tersedia lebih banyak dibandingkan dengan tanah-tanah bertekstur pasir.

Partikel liat biasanya terasa lekat bila dipegang dan dirasakan dengan jari-jari tangan. Luas permukaan partikel liat jauh lebih besar dibandingkan dengan debu dan pasir, sehingga mempunyai kemampuan menahan air-tersedia yang lebih besar. Molekul-molekul air dalam tanah mengelilingi partikel liat (dalam pori mikro), hal ini menentukan kapasitas memegang air tanah. Tanah-tanah bertekstur liat mempunyai kapasitas memegang air lebih besar dibandingkan dengan tanah pasir (Foth, 1998).

2.2.2. Bobot Isi Tanah

Bobot isi (*bulk density*) atau berat isi tanah menunjukkan perbandingan antara bobot tanah kering dengan volume tanah termasuk pori-pori tanah (Hardjowigeno, 1987). *Bulk density* merupakan indikator penting bagi kekompakan atau kepadatan tanah. Semakin kompak atau semakin padat suatu tanah, biasanya semakin tinggi bobot isinya, yang berarti semakin sulit meneruskan gerakan air atau semakin sulit ditembus oleh akar tanaman. Pada umumnya bobot isi tanah berada dalam kisaran $1,1-1,6 \text{ g cm}^{-3}$.

Bobot isi tanah juga merupakan perbandingan antara massa tanah dengan volume partikel tanah ditambah dengan ruang porinya. Massa tanah ditentukan setelah kering oven 105°C dan volumenya merupakan volume dari contoh tanah yang diambil dari lapangan (dengan ring-sampel) sehingga dinyatakan dalam g cm^{-3} . Menurut Foth (1998), bobot isi topsoil tanah bertekstur liat biasanya berkisar antara 1,0 hingga $1,3 \text{ g cm}^{-3}$. Tanah permukaan yang bertekstur kasar biasanya mempunyai bobot isi $1,5\text{-}1,8 \text{ g cm}^{-3}$. Tinggi rendahnya bobot isi tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah dan kondisi air-tanah pada saat pengambilan sampel tanah. Bahan organik tanah bertindak sebagai pengikat partikel tanah, apabila dalam jumlahnya cukup besar dapat menyebabkan tanah menjadi porus dan gembur, dengan demikian tanah lebih mudah ditembus oleh akar tanaman (Utomo, 1993). Arsyad (1989) menjelaskan bahwa peranan bahan organik dalam pembentukan agregat yang stabil terjadi karena mudahnya tanah membentuk kompleks dengan bahan organik. Semakin stabil agregat tanah, biasanya bobot isinya semakin rendah.

2.2.3. Bobot Jenis Tanah

Bobot jenis adalah perbandingan antara massa total fase padat tanah dan volume fase padat, tidak termasuk volume pori-porinya. Jadi bobot jenis tidak sama dengan bobot isi. Tanah-tanah mineral biasanya mempunyai bobot jenis sekitar $2,6\text{-}2,7 \text{ g cm}^{-3}$, sedangkan tanah-tanah organik mempunyai bobot jenis $1,3\text{-}1,5 \text{ g cm}^{-3}$.

Menurut Soepardi (1983), bahan organik mempunyai bobot angkat ringan dibandingkan dengan bahan mineral tanah. Jika suatu lahan di atasnya terdapat tanaman penutup tanah dan mendapat masukan bahan organik berupa kompos, biasanya mempunyai bobot jenis lebih rendah daripada tanah-tanah yang terbuka. Adanya bahan organik dalam tanah mempengaruhi bobot jenis, oleh sebab itu lapisan olah tanah mempunyai bobot jenis lebih rendah dari lapisan tanah bawah. Lapisan olah yang banyak mengandung bahan organik biasanya mempunyai bobot jenis lebih kecil dari $2,4 \text{ g cm}^{-3}$.

2.2.4. Kemantapan Agregat

Agregat tanah adalah gumpalan-gumpalan tanah yang tersusun atas dari partikel-partikel primer tanah. Agregat terbentuk dari proses agregasi tanah. Menurut Brady and Weil (2002), faktor-faktor yang mempengaruhi agregasi tanah antara lain: (1) bahan-bahan penyusun tanah; (2) kandungan bahan organik tanah, aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah; (3) pengaruh kation; (4) tanaman; (5) iklim (termasuk pembasahan dan pengeringan, pembekuan dan pencairan); dan (6) pengaruh pengolahan tanah.

Agregasi tanah merupakan peristiwa penggabungan partikel-partikel tanah menjadi agregat melalui gaya-gaya kohesi (tarik-menarik antar partikel) dan gaya adhesi (tegangan permukaan antara partikel tanah dengan molekul air). Selanjutnya agregasi ini dapat diikuti oleh proses sementasi (perekatan), yang merupakan peristiwa perekatan partikel tanah oleh suatu bahan penyemen (perekat). Baver *et al.* (1972) menjelaskan bahwa pembentukan agregat yang mantap memerlukan ikatan yang lebih kuat di antara partikel tanah sehingga tidak mudah terdispersi kembali dalam air. Agregasi tanah berkorelasi positif dengan kandungan liat dan bahan organik tanah. Islami dan Utomo (1995) menjelaskan bahwa pada tanah dengan kandungan liat kurang dari 30%, pengaruh bahan organik tanah dalam proses agregasi tanah relative kecil.

Agregasi tanah yang baik nampak pada tanah yang remah dengan granulasi yang stabil sehingga tidak mudah terpecah. Tanah dengan agregasi yang baik mempunyai daya serap air permukaan yang lebih besar, aerasi yang lebih baik, dan kapasitas menahan air lebih besar dibanding tanah yang agregasinya kurang baik. Akar tanaman akan mengisi volume tanah lebih banyak pada tanah yang beragregasi baik. Perakaran yang baik meningkatkan kedalaman dan luasnya areal yang dapat menjangkau air. Sifat positif ini dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Agregasi tanah berhubungan erat dengan aktivitas biologi tanah dan level dari bahan organik pada tanah. Bahan perekat yang mengikat komponen tanah menjadi agregat dibentuk sebagian besar oleh berbagai mahluk hidup yang berada pada tanah yang sehat. Sehingga agregasi tanah akan meningkat oleh perlakuan yang

mendukung kehidupan biota tanah. Untuk mempertahankan agregat tanah yang baik biota tanah harus dibentuk dan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan harus diminimalisir.

Di lapangan kemantapan agregat sangat sulit untuk dipastikan karena adanya beberapa pengaruh lingkungan. Gaya gurai air merupakan salah satu gaya yang dapat memecah kemantapan agregat. Air tersebut bisa berasal dari air hujan maupun air irigasi/ pengairan. Proses yang menyebabkan menurunnya kemantapan agregat adalah penurunan gaya kohesi karena melemahkan kekuatan ikatan bahan semen, adanya pembengkakan massa tanah yang tidak seragam, serta tekanan dari dalam tanah yang berasal dari udara yang terkurung.

Selain itu, agregasi juga dipengaruhi oleh pengelolaan lahan. Lahan dikelola dengan tumpangsari mempunyai kandungan bahan organik yang lebih tinggi daripada tanah yang terbuka. Adanya bahan organik mempunyai pengaruh terhadap agregasi tanah. Salah satu peran bahan organik yaitu sebagai granulator, yaitu memperbaiki struktur tanah dan sangat penting dalam pembentukan agregat tanah yang stabil. Menurut Soepardi (1983), salah satu faktor granulasi adalah melalui kegiatan fisik akar tumbuhan dan jasad mikro, akar tumbuhan melalui pergerakan akar dan bagian-bagian akar yang membusuk membantu granulasi. Semakin banyak populasi mikroba (khususnya fungi bermiselia seperti *micorhiza*, dll) akan meningkatkan kemantapan agregasi partikel-partikel penyusun tanah. Mikroba dan miseliana, yang berupa benang-benang, akan berfungsi sebagai perajut/perekat/glue antar partikel tanah. Struktur tanah menjadi lebih baik karena ketahanannya menghadapi tekanan erodibilitas (perusakan) tanah (Kusumanto, 2009).

Bahan organik sangat penting pembentukan agregat tanah yang stabil karena partikel-partikel mineral tanah mudah membentuk kompleks dengan bahan organik (Arsyad, 1989). Hal ini berlangsung melalui mekanisme berikut ini.

1. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah, terutama jamur dan cendawan. Miselia atau hifa cendawan ini mampu mengikat bersama dan menyatukan partikel-partikel tanah menjadi agregat-tanah, sedangkan bakteri berfungsi sebagai penghasil bahan

perekat (semen) yang dapat menyatukan agregat-agregat kecil menjadi agregat yang lebih besar.

2. Pengikatan secara fisik partikel tanah oleh miselia jamur dan aktinomisetes. Dengan cara ini pembentukan agregat tanah tanpa adanya fraksi liat dapat terjadi dalam tanah.
3. Pengikatan secara kimiawi partikel liat dengan senyawa organik yang membentuk rantai panjang.
4. Pengikatan secara kimiawi partikel liat melalui ikatan antara partikel liat yang bermuatan negatif dengan senyawa organik dengan perantara kation basa atau melalui ikatan hidrogen.
5. Pengikatan secara kimiawi butir-butir liat melalui ikatan antara bagian negatif liat dengan bagian positif dari senyawa organik, membentuk rantai polimer.

Bahan organik tanah (BOT) memainkan peran utama dalam pembentukan agregat dan struktur tanah yang baik, sehingga secara tidak langsung akan memperbaiki kondisi fisik tanah (Cahyonoagus, 2008). Penambahan bahan organik tanah dapat memperbaiki pergerakan air secara vertikal atau infiltrasi dan tanah dapat menyerap air lebih cepat sehingga aliran permukaan dan erosi diperkecil. Bahan organik juga mampu dalam memperbaiki sifat fisik tanah seperti menurunkan berat volume tanah, meningkatkan permeabilitas, mengemburkan tanah, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan stabilitas agregat, meningkatkan kemampuan tanah memegang air, menjaga kelembaban dan suhu tanah, mengurangi energi kinetik langsung air hujan, mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah.

Pengolahan tanah yang efektif akan dapat memperbaiki sifat tanah. Akan tetapi pengolahan tanah tanpa menerapkan teknik yang sesuai akan menyebabkan kerusakan tanah, dapat dikatakan bahwa hancurnya sebagian terbesar agregat adalah akibat daya rusak alat pengolah tanah (Sutedjo dan Kartasapoetra, 1988).

2.2.5. Kadar Air Tanah

Air yang ada di dalam tanah berada pada ruang pori di antara padatan tanah. Karena air berada pada ruang pori maka sifat tanah akan mempengaruhi kurva karakteristik air tanah (Utomo dan Islami, 1995). Pengelolaan lahan yang tepat akan mampu meningkatkan kadar air dalam tanah. Pengelolaan lahan dengan penambahan bahan organik akan mampu meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air. Tanah yang kaya bahan organik akan menyerap sinar lebih banyak, maka lebih banyak hara, oksigen dan air yang diserap melalui perakaran (Sutanto, 2002). Hal ini dikuatkan oleh penelitian Utomo (1995), menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berupa kompos dapat menurunkan erodibilitas, bobot isi, ketahanan penetrasi dan meningkatkan kemampuan dalam menahan air.

Kapasitas simpanan lengas (air) tanah biasanya paling tinggi pada tanah-tanah yang bertekstur lempung-liat. Hal ini dapat terjadi karena ruang porinya merata sehingga dalam proses penurunan kandungan airnya juga sedikit demi sedikit. Sedangkan pada tanah pasir, ruang pori relatif besar sehingga jika berada dalam keadaan potensial matrik rendah maka pori tersebut tidak akan terisi oleh air.

2.2.6. Porositas Tanah

Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air. Porositas tanah erat kaitannya dengan tingkat *bulk density*. Semakin padat tanah berarti semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Sebaliknya semakin mudah tanah menyerap air maka tanah tersebut memiliki porositas yang besar. Tinggi rendahnya porositas suatu tanah sangat berguna dalam menentukan tanaman yang cocok untuk tanah tersebut. Porositas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur dan teksur. Menurut Hardjowigeno (2007) menyatakan bahwa porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah-tanah dengan struktur granuler atau remah, mempunyai porositas yang lebih tinggi dibanding tanah yang berstruktur *massive* (pejal). Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori sehingga sulit menahan air.

Utomo (1989) menyatakan bahwa porositas dipengaruhi oleh bentuk agregat dan penyusun partikel. AAK (1983) menambahkan bahwa porositas dipengaruhi oleh faktor-faktor: (1) Kedalaman tanah, Semakin dalam tanah porositas berkurang, (2) Struktur tanah, Struktur tanah yang baik adalah remah, karena pori makro dan mikro jumlahnya seimbang, (3) Tekstur tanah, Tekstur liat memiliki porositas lebih baik dibandingkan dengan pasir, (4) Pengolahan tanah, Teknik pengolahan tanah yang benar dapat memperbaiki porositas, sedangkan pengolahan yang salah akan menurunkannya.

2.2.7. Ketahanan Penetrasi

Ketahanan penetrasi merupakan kombinasi dari kekuatan geser, kekuatan tegangan, dan kompresi; maka sifat tanah yang mempengaruhi komponen-komponen kekuatan ini juga berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi (Utomo, 1995). Ketahanan penetrasi biasanya meningkat dengan bertambahnya kedalaman lapisan tanah sampai suatu nilai maksimum, kemudian relatif konstan. Ketahanan penetrasi yang tinggi dapat mengakibatkan pengerasan atau pemadatan tanah. Pengaruh pengerasan tanah terhadap perkecambahan benih atau bibit tergantung pada ketebalan lapisan tanah yang keras dan kekuatannya. Mekanisme utama pada pemadatan tanah adalah pengurangan porositas tanah melalui pengeluaran secara parsial udara dan air, dari massa-tanah yang mengalami tekanan. Bentuk lain dari pemadatan tanah adalah kesulitan yang disebabkan oleh tanah dalam pengelolaannya, terutama berkaitan dengan pengolahan tanah. Ketahanan penetrasi merupakan ukuran kekuatan tanah. Kekuatan tanah merupakan gambaran pada permukaan tanah, yang diukur terutama pada bagian permukaan tanah untuk menilai kompaksi lapisan permukaan. Kekuatan tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan lengas tanah. Kerapatan tanah menggambarkan komposisi ruang pori tanah yang dapat digunakan sebagai tolak ukur pemadatan tanah.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat menurunkan ketahanan penetrasi tanah. Menurut Utomo (1995), bahan organik bertindak sebagai pengikat partikel tanah, sehingga tanah menjadi lebih porus dan gembur, dengan demikian

tanah dapat lebih mudah ditembus oleh akar tanaman. Arsyad (1989) menjelaskan bahwa peranan bahan organik ke dalam tanah dapat membantu pembentukan agregat yang stabil, karena mudahnya partikel mineral tanah mudah membentuk kompleks dengan bahan organik.

2.3. Karakteristik Tanah dalam Pengelolaan Lahan Tanaman Cabai

2.3.1. Karakteristik Fisika Tanah

Sifat fisik tanah berpengaruh terhadap perbedaan pengelolaan lahan tanaman cabai. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan bahan organik tanah yang berperan penting dalam perbaikan sifat fisik tanah. Bobot isi tanah juga sangat erat kaitannya dengan porositas tanah. Semakin tinggi kerapatan tanah maka porositas akan semakin rendah. Menurut Rahmawati (2008), pemberian pupuk kompos (seresah dedaunan dan rumput kering) dengan dosis 20 ton/ha mampu meningkatkan porositas tanah dari 39,67% menjadi 49,27% dengan persentase peningkatan 46,29%. Bahan organik bertindak sebagai pengikat partikel tanah, apabila dalam jumlah besar akan menyebabkan tanah porus dan gembur, dengan demikian tanah akan lebih mudah ditembus oleh akar tanaman (Utomo, 1995).

Porositas tanah mempengaruhi secara langsung konduktivitas hidrolik jenuh. Porositas tanah yang besar akan membuat semakin besar pula kemampuan tanah melewatkan air. Menurut Rismunandar (2001), pembenaman bahan organik ke dalam tanah berpengaruh terhadap kemampuan tanah memegang air. Bahan organik yang telah mengalami perombakan akan membentuk kompleks tanah koloid organik yang memperbesar daya absorpsi air dari tanah.

Tanah yang padat dapat menghambat pergerakan air dan udara dalam tanah karena penurunan ruang pori. Rendahnya porositas akan meningkatkan penetrasi. Menurut Ball *et al.* (1997), tingginya ketahanan penetrasi ditandai dengan terbentuknya tanah yang padat sehingga akan mengakibatkan penurunan rata-rata ukuran pori. Salah satu peran bahan organik yaitu sebagai granulator, yaitu memperbaiki struktur tanah dan sangat penting dalam pembentukan agregat tanah

yang stabil. Menurut Harjowigeno (2003) bahwa agregasi tanah bisa terbentuk karena adanya pengaruh bahan organik tanah dan agen sementasi lainnya (liat).

Sensitivitas tahap perkembangan tanaman cabai (*Capsicum annum* L. var. Shishito). terhadap suhu tinggi diteliti oleh Pagamas dan Nawata (2008). Tanaman cabai diperlakukan dengan stres panas (38/30°C siang / malam) segera setelah bunga mekar selama 5 atau 10 hari, atau 10-30 hari setelah bunga mekar (DAA), dan 30 DAA hingga panen, atau segera setelah bunga mekar hingga panen. Tanaman kontrol ditumbuhkan pada kondisi suhu udara 30/22°C (siang / malam). Paparan suhu tinggi (cekaman panas) selama periode pertumbuhan yang berbeda setelah bunga mekar berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan buah, hasil biji, dan kualitas biji cabai. Cekaman panas selama seluruh masa pertumbuhan setelah bunga mekar, dan selama 30 DAA hingga panen dapat mengurangi masa pertumbuhan buah cabai sebesar 15-10 hari. Cekaman panas 10 hingga 30 DAA mengurangi ukuran buah dan berat buah. Tahap awal pengembangan buah dari bunga mekar hingga 10 DAA sangat sensitif terhadap efek suhu tinggi, yang mempengaruhi panjang buah, berat buah dan pembentukan biji. Perlakuan suhu tinggi ke tanaman pada 10 DAA meningkatkan proporsi biji normal per buah. Temperatur yang tinggi selama 10 DAA hingga 30 DAA menghambat akumulasi karbohidrat dan berpengaruh terhadap perkecambahan benih dan vigor bibit (Pagamas dan Nawata, 2008). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fase pertumbuhan tanaman cabai yang terkena suhu tinggi merupakan faktor penting dalam pertumbuhan buah dan biji, dan kualitas biji cabai.

2.3.2. Bahan Organik Tanah (BOT)

Menurut (Cahyonoagus, 2008), bahan organik tanah memainkan peran utama dalam pembentukan agregat dan struktur tanah yang baik, sehingga secara tidak langsung akan memperbaiki kondisi fisik tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat memperbaiki kondisi tanah seperti kekerasan tanah pada tingkat sedang, meningkatkan stabilitas agregat tanah dan meningkatkan laju infiltrasi.

Tinggi rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah mempengaruhi tinggi rendahnya bobot isi tanah. Apabila kandungan bahan organik tinggi maka

bobot isi tanah rendah, begitu pula sebaliknya, jika kandungan bahan organik tanah rendah maka bobot isi tinggi. Menurut (Buckman dan Brandy, 1982), bahan organik memperkecil bobot isi tanah karena bahan organik jauh lebih ringan daripada mineral, dan bahan organik mampu meningkatkan porositas tanah.

Tinggi rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah juga mempengaruhi tinggi rendahnya bobot jenis tanah. Apabila kandungan bahan organik tinggi maka bobot jenis tanah rendah, begitu pula sebaliknya, jika kandungan bahan organik tanah rendah maka bobot isi tinggi. menurut Juo dan Franzluebbbers (2003) bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik yang diberikan ke dalam tanah, bobot jenis tanah akan semakin rendah. Jika suatu lahan di atasnya terdapat tanaman penutup tanah dan mendapat masukan bahan organik berupa kompos, maka akan mempunyai bobot jenis yang lebih rendah daripada tanah yang terbuka.

2.3.3. Salinitas dan pH tanah

Salinitas tanah yang tinggi seringkali dapat menyebabkan perkembangan tanaman cabai (*Capsicum annuum*) terhambat, pertumbuhannya berkurang, dan hasil buahnya sedikit. Niu, *et al.* (2010) meneliti efek salinitas tanah dan jenis tanah terhadap pertumbuhan bibit tanaman cabai paprika komersial ('NuMex Joe E. Parker', 'NuMex Nematador', 'NuMex Primavera', dan 'Jupiter') dalam percobaan rumah kaca. Benih ditaburkan pada media tumbuh tanah pasir liat atau tanah lempung debu dalam pot dan disiram dengan larutan garam pada konduktivitas listrik 0,9 (air keran), 3,0, 6,0 dS/m, atau 0,0 [osmosis (RO) air], 0,9, atau 1,5 dS/m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pekecambahan benih pada perlakuan irigasi dengan larutan 3,0 atau 6,0 dS/m. Salinitas pada lapisan tanah atas meningkat secara linear dengan waktu ketika disiram (system bawah permukaan) dengan larutan garam, sedangkan peningkatan salinitas tidak signifikan pada perlakuan subirrigated dengan air RO atau irigasi udara dengan air keran. Akumulasi garam pada lapisan tanah atas lebih besar pada tanah liat pasir daripada tanah lempung debu. Perkecambahan benih pada perlakuan subirrigated dengan air RO berkisar 70%-80% pada tanah liat pasir dan 45%-70% pada tanah lempung debu, tergantung pada kultivar cabai. Perlakuan

subirrigated dengan air keran dan larutan garam, persentase perkecambahan berkisar 0%-60%, tergantung pada media tanahnya. Perlakuan larutan garam 1,4 (larutan hara control), 2,1, 2,9, 3,5, atau 4.2 dS/m dimulai pada saat bibit memiliki 11-13 daun. Lima minggu setelah memulai irigasi air garam, penurunan berat kering tanaman lebih besar pada kultivar 'Jupiter' dan 'NuMex Primavera' dibandingkan dengan kultivar 'NuMex Joe E.Parker' dan 'NuMex Nematador' (Niu, *et al.*, 2010).

Salinitas tanah adalah masalah umum di daerah-daerah pertanian di daerah pesisir dan di daerah iklim kering karena curah hujan yang rendah, evapotranspirasi tinggi, dan rendahnya kualitas air irigasi. Salinitas tanah yang tinggi menyebabkan gangguan perkecambahan benih, penundaan perkembangan kecambah dan bibit, dan mengurangi pertumbuhan tanaman, serta mengurangi hasil cabai paprika dan bawang (Corgan *et al.*, 2000; Flynn *et al.*, 2002; Phillips, 2003). Perkecambahan biji dan perkembangan bibit adalah tahap pertumbuhan penting bagi pertumbuhan tanaman selanjutnya, dan berpengaruh pada hasil tanaman. Pengamatan anekdotal menunjukkan bahwa lebih sulit bagi benih cabai untuk berkecambah dan tumbuh pada tanah-tanah mineral dibandingkan dengan media tumbuh komersial pada pot. Salinitas yang tinggi dan / atau pasokan air yang tidak memadai dapat menghambat pertumbuhan bibit.

Dalam lahan pertanian galur-irigasi, masalah umum dengan air garam dan tanah untuk produksi sayuran adalah kematian bibit tinggi (Miyamoto *et al.*, 1986). Salinitas tanah pada atau dekat permukaan tanah meningkat secara eksponensial dengan waktu ketika air garam digunakan untuk irigasi (USDA, 1954). Miyamoto *et al.* (2010) melaporkan bahwa perkecambahan biji, kecambah muncul, dan pertumbuhan bibit bawang dipengaruhi oleh jenis tanah, salinitas air irigasi, dan metode irigasi. Dinamika gerakan garam dan distribusi di berbagai tanah yang kurang dipahami.

Cabai paprika (*Capsicum annuum*) adalah sayuran yang penting di negara-negara barat daya Amerika Serikat dan di banyak negara lain di dunia. Paprika dianggap cukup sensitif terhadap stres garam (Maas dan Hoffman, 1977; Pasternak dan Malach, 1994). Penurunan hasil paprika dimulai ketika konduktivitas listrik (EC)

dari ekstraksi tanah jenuh lebih besar dari 1,5 dS/m (Maas dan Hoffman, 1977). Namun, studi terbaru terbatas sebagian besar paprika telah menunjukkan bahwa beberapa genotipe yang lebih toleran terhadap salinitas daripada yang lain (Aktas *et al.*, 2006; Chartzoulakis dan Klapaki, 2000).

2.3.4. Lengas Tanah dan Irigasi

Ketersediaan air tanah yang rendah merupakan faktor lingkungan utama yang membatasi pertumbuhan tanaman dan hasil buah cabai. Penelitian ini dilakukan untuk menjelaskan mekanisme yang mendasari penghambatan fotosintesis selama stres air dan pemulihannya pada tanaman *Capsicum annuum* L. cv. Cannon, dengan mengevaluasi hubungan air-tanah-tanaman, pertukaran gas dan kenaikan fluoresensi OJIP. Potensi air tanah (Ψ_S) dan daun (Ψ_L) menurun dari -0,16 dan -0,53 menjadi -1,1 dan -1,7 MPa, dan pulih kembali setelah penyiraman. Konduktansi stomata (gs) menurun menjadi 114 dan 13 mmol/m²/detik pada kondisi tekanan air “sedang” dan “berat”. Demikian pula, asimilasi CO₂ (A) dan tingkat transpirasi (Tr) menurun selama stres air, tetapi pulih kembali setelah penyiraman. Selama stres air yang parah, fotosintesis menurun karena penutupan stomata dan juga karena lebih lambatnya tingkat karboksilasi maksimum (V_{cmax}) dan regenerasi ribulosa 1,5-bifosfat (RuBP) yang dimediasi oleh tingkat transpor elektron maksimum (J_{max}). Pada kenyataannya, parameter fluoresensi yang mencerminkan aliran elektron dari operator inter-sistem hingga ke reduksi-akhir fotosistem I (PSI) menurun selama periode defisit air. Stres air sangat mengganggu transfer elektron dari cadangan plastoquinone (PQ) menuju ke akseptor terminal PSI. Hal ini, bersamaan dengan kendala stomata dan komponen non-stomata pada akhirnya mengganggu fotosintesis. Pemulihan fotosintesis setelah penyiraman kembali, ternyata dibatasi oleh konduktansi stomata dan pemulihan bertahap dari rantai transpor elektron. Akhirnya, parameter uji-JIP yang mengukur transfer elektron dari cadangan-PQ ke akseptor electron akhir PSI sangat cocok digunakan untuk memantau stres air dalam tanaman cabai (Campos, *et al.*, 2014).

Pengaruh perlakuan irigasi tetes dengan larutan garam (2,5 dS/m) mulsa plastic hitam pada dua kultivar paprika (*Capsicum annuum* L.) diselidiki dalam

kondisi lapangan menggunakan rancangan acak split-plot (Morales-Garcia *et al.*, 2011). Penelitian ini melibatkan enam perlakuan irigasi (petak utama): (i) kontrol irigasi non-garam diterapkan pada seluruh periode pertumbuhan (None), (ii) air irigasi salin mulai dari transplantasi hingga pembentukan buah pertama (S1S2), (iii) irigasi salin mulai dari transplantasi hingga munculnya bunga pertama dan dari panen pertama hingga panen akhir (S1S4), (iv) irigasi salin mulai dari munculnya bunga pertama hingga panen pertama (S2S3), (v) irigasi saline mulai dari pembentukan buah hingga panen akhir (S3S4), dan (vi) irigasi saline pada seluruh pertumbuhan (All). Dua perlakuan mulsa (subplot): (i) mulsa plastic hitam dan (ii) tanah kosong (bero); dan dua kultivar paprika (sub-subplot): (i) Sunsation dan (ii) Red Knight. Produksi buah cabai yang sudah “masak” ternyata lebih tinggi pada tanaman yang diberi mulsa tanpa irigasi saline. Di daerah lembab dengan tanah non-saline, tambahan garam lewat irigasi tetes dapat digunakan bersama dengan mulsa plastik hitam untuk menghemat air sambil mempertahankan produksi buah cabai (Morales-Garcia *et al.*, 2011).

Percobaan lapangan selama dua tahun dilakukan dengan perlakuan irigasi tetes dan mulsa plastik untuk menemukan strategi manajemen irigasi yang tepat untuk tanaman cabai (*Capsicum annum L.*) (Liu *et al.*, 2012). Lima perlakuan dengan potensial matriks tanah (SMP) berkisar -10 kPa hingga -50 kPa dengan interval 10 kPa (kode perlakuan T1 hingga T5). Indeks luas daun, tinggi tanaman, kadar air tanah, hasil buah, dan total padatan terlarut (TSS) buah diukur secara langsung; sedangkan evapotranspirasi tanaman (ET), produktivitas air (WP), dan produktivitas air irigasi (IWP) dihitung dengan rumus baku. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan indeks luas daun, tinggi tanaman, biomassa tanaman, dan hasil panen pada perlakuan T1 hingga T4 adalah tidak berbeda ($P > 0,05$), tetapi lebih tinggi ($P < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan T5. Jumlah irigasi dan ET tanaman umumnya menurun dengan menurunnya SMP. Nilai ambang batas dengan SMP -10 kPa hingga -30 kPa menyebabkan pengurangan jumlah irigasi sebesar 22-43% dan pengurangan ET tanaman sebesar 11-25%. Nilai TSS Lebih tinggi, tingginya persentase buah ekonomis, dan WP dan IWP yang lebih tinggi, ditemukan

pada perlakuan T3 dan T4 selama dua musim tanam cabai. Ambang batas SMP tertinggi (-10 kPa) dan ambang batas SMP terendah (-50 kPa) sangat mengurangi WP dan IWP. Oleh karena itu, berbagai ambang batas SMP -30 kPa hingga -40 kPa pada ketebalan tanah 20cm direkomendasikan untuk pengelolaan irigasi cabai dalam kondisi irigasi tetes bermulsa di lahan produksi cabai (Liu *et al.*, 2012).

Antony dan Singandhupe (2004) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh metode dan jadwal irigasi terhadap morfologi, biofisik, hasil dan efisiensi penggunaan air (WUE) tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) var. California Heran. Tanaman yang ditumbuhkan dengan perlakuan irigasi tetes memiliki lebih banyak cabang dan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman dengan perlakuan irigasi permukaan. Total hasil buah berkurang pada tingkat irigasi yang rendah. Biomasa bagian tanaman di atas tanah, termasuk batang dan daun berkorelasi positif dengan hasil buah cabai pada perlakuan irigasi tetes (0,992**) dan irigasi permukaan (0,926**). Nilai tukar karbon dioksida bervariasi sebagai akibat dari perbedaan jadwal irigasi dan kuantitas air irigasi. Pergeseran mekanisme fotosintesis ditemukan pada tanaman dengan perlakuan IW / CPE 1,0. Hubungan antara WUE dengan fotosintesis neto juga dianalisis, ada korelasi positif yang signifikan antara WUE dengan bahan kering (TDM, 0,865**) dan WUE dengan fotosintesis neto (0,840**). Setiap faktor menyebabkan perubahan fotosintesis neto dan TDM ternyata juga menyebabkan variasi hasil buah cabai. Biomassa akar lebih besar pada tanaman dengan irigasi permukaan, dimana total panjang akar lebih besar pada perlakuan irigasi tetes. Kalau jumlah air yang diberikan lebih banyak maka nilai "kehalusan" akar menurun. Perlakuan irigasi tetes pada 100% CPE bermanfaat bagi tanaman cabai, ditinjau dari hasil buah, tanaman yang lebih baik karakter morfologinya, yaitu jumlah cabang, tinggi tanaman, kehalusan akar dan panjang akar (Antony dan Singandhupe, 2004).

Pengaruh rezim irigasi terhadap hasil buah dan efisiensi air irigasi oleh tanaman paprika (*Capsicum annum* sp. 11-B-14) diteliti oleh Sezen, Yazar dan Eker (2006) dengan sistem irigasi tetes pada kondisi lapangan pada musim tanam tahun 2002 dan 2003 di wilayah Mediterania Turki. Rezim irigasi terdiri dari interval irigasi

berdasarkan tiga tingkat kumulatif nilai pan-evaporasi (Epan) (I1: 18-22mm, I2: 38-42mm, dan I3: 58-62mm); irigasi dilakukan pada saat nilai Epan mencapai nilai target. Tiga koefisien tanaman dievaluasi sesuai dengan perlakuan irigasi ($K_{cp1} = 0.50$, $K_{cp2} = 0.75$ dan $K_{cp3} = 1.00$). Interval irigasi bervariasi, yaitu 3-6 hari pada perlakuan I1, 6-11 hari pada perlakuan I2, dan 9-15 hari pada perlakuan I3. Analisis varians gabungan menunjukkan bahwa tahun percobaan tidak berbeda secara signifikan, namun perlakuan Kcp dan interval irigasi (I) secara signifikan mempengaruhi jumlah hasil buah cabai. Hasil maksimum dan minimum diperoleh pada perlakuan I1Kcp3 dan I3Kcp1: masing-masing 33.140 kg/ha dan 21.620 kg/ha pada tahun percobaan pertama; dan 35.298 kg/ha dan 21.010 kg/ha pada tahun percobaan ke dua. Kalau nilai Kcp menurun maka nilai total hasil dalam setiap interval irigasi juga menurun. Namun demikian, dengan frekuensi irigasi yang lebih rendah (I3), hasil yang lebih rendah diperoleh dengan semua koefisien Kcp. Evapotranspirasi tanaman (ET) dalam perlakuan ternyata bervariasi dari 365 mm pada I2Kcp1 hingga 528 mm pada perlakuan I1Kcp3 pada tahun percobaan pertama; dan 309 mm pada I3Kcp1 hingga 511 mm di pada perlakuan I1Kcp3 pada tahun percobaan ke dua. Hubungan polinomial signifikan ditemukan antara hasil cabai dengan jumlah penggunaan air untuk setiap interval irigasi pada musim tanam tahun 2002 dan 2003 (Sezen, Yazar dan Eker, 2006). Efisiensi penggunaan air (WUE) dan efisiensi penggunaan air irigasi (IWUE) secara signifikan dipengaruhi oleh interval irigasi, koefisien tanaman dan tahun percobaan (Y1: 2002 dan Y2: 2003). Nilai WUE berkisar antara 4,7 kg/m³ pada perlakuan I3Kcp2 hingga 7,6 kg/m³ dari ET pada perlakuan I1Kcp1 pada musim tanam 2002 dan berkisar antara 6,4 kg/m³ pada perlakuan I3Kcp3 hingga 7,9 kg/m³ dari ET pada perlakuan I2Kcp2 selama musim tanam 2003. Nilai IWUE maksimum terjadi pada perlakuan Y1I1Kcp1 (7,7 kg/m³), dan IWUE minimum pada perlakuan Y1I3Kcp3 (4,8 kg/m³) pada tahun-tahun percobaan. Koefisien KCP (jumlah irigasi) dan frekuensi irigasi (I) dan tahun percobaan berpengaruh signifikan terhadap kualitas hasil buah pertama dan ke dua, jumlah buah. KCP dan I secara signifikan mempengaruhi bobot buah, panjang dan lebar buah, serta diameter batang dan tinggi tanaman pada saat panen. Rezim irigasi

11Kcp3 dianjurkan untuk budidaya cabai paprika untuk mencapai hasil yang lebih tinggi dengan kualitas buah yang bagus (Sezen, Yazar dan Eker, 2006).

Budidaya tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) biasanya dilakukan dengan irigasi, tanaman ini ternyata sangat rentan terhadap kekurangan air. Strategi defisit irigasi pada budidaya tanaman paprika dapat meningkatkan produksi buah dan memfasilitasi panen mekanik dan, pada saat yang sama, dapat menghemat air irigasi. (González-Dugo, Orgaz dan Fereres, 2007) melakukan percobaan lapangan dengan perlakuan defisit air, baik selama fase pematangan (T1) atau sepanjang musim pertumbuhan (T2), dan membandingkannya dengan kontrol irigasi penuh (T3). Potensial air batang bervariasi dari -0,6 MPa pada perlakuan T3, selama awal musim tanam, hingga -1,5 MPa pada perlakuan T2 pada saat sebelum panen. Air irigasi pada perlakuan T1, T2, dan T3 adalah sebanyak 456, 346 dan 480 mm. Defisit air menekan pertumbuhan luas daun dan biomassa tanaman, tetapi tidak mempengaruhi proporsi bunga yang menjadi buah. Bobot kering buah cabai pada perlakuan T2 saat panen sebesar 66% dari perlakuan T3, tetapi tidak berbeda secara signifikan antara T1 dan T3. Namun demikian, hasil buah komersial (berdasarkan warna buah) secara signifikan lebih tinggi pada T3 dibandingkan dua perlakuan lainnya, defisit air pada perlakuan T1 menunda panen buah.

Defisit air, baik yang terjadi secara berkelanjutan maupun yang diterapkan pada fase pematangan buah, yang diperlukan untuk panen buah secara mekanik, ternyata tidak mempercepat pemasakan buah dan merugikan hasil buah komersial. Tanaman cabai harus disuplai air dengan baik hingga panen untuk dapat memproduksi buah paprika secara maksimal (González-Dugo, Orgaz dan Fereres, 2007).

Estimasi yang tepat evapotranspirasi tanaman (ET_c) setiap hari sangat penting untuk pengelolaan irigasi tetes pada tanah-tanah yang kemampuannya menyimpan-lengas sangat terbatas. Miranda, Gondim dan Costa (2006) melakukan penelitian untuk menentukan evapotranspirasi dan koefisien tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.), di wilayah timur laut Brasil. Nilai ET tanaman diukur setiap hari dengan menggunakan Metode lysimeter yang mempunyai luas permukaan 2,25 m². Nilai ET-

referensi diperkirakan menggunakan persamaan Penman-Monteith (FAO). Total ETC diamati sepanjang musim panen selama 300 hari adalah sebesar 888 mm, dengan nilai harian maksimum 5,6 mm/hari. Pada kondisi iklim di wilayah timur laut Brasil, tanaman dibudidayakan selama dua siklus panen. Nilai maksimum dari koefisien tanaman diamati selama dua periode berbunga intensif dan pengembangan buah sebelumnya panen buah. Koefisien tanaman rata selama siklus panen pertama adalah 0,3, 1,22 dan 0,65 untuk periode awal-musim, pertengahan musim dan akhir-musim. Selama siklus panen ke dua, koefisien tanaman rata-rata adalah 1,08 dan 0,60 untuk pertengahan musim dan tahap akhir-musim (Miranda, Gondim dan Costa, 2006).

Dorji, Behboudian dan Zegbe-Domínguez (2005) membandingkan dua praktek irigasi hemat air, defisit irigasi (DI) dan pengeringan zone akar secara parsial (PRD), pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas buah cabai (*Capsicum annum* L.). Perlakuan yang dicobakan meliputi : irigasi komersial (CI) dianggap sebagai kontrol, mengairi kedua sisi zone akar dengan setengah dari volume CI (kode DI), dan irigasi bergantian antara dua sisi zone akar dengan setengah volume CI pada setiap kali irigasi (Kode PRD). Potensial air daun tengah hari pada perlakuan PRD dan DI ternyata lebih rendah masing-masing 0,15 dan 0,30 MPa, dibandingkan dengan tanaman CI, mulai 130 hari setelah tanam. Biomasa segar buah berkurang 19% dan 34.7% pada perlakuan PRD dan DI, dibandingkan dengan perlakuan CI. Jumlah buah per tanaman berkurang lebih dari 20% pada perlakuan PRD dan DI dibandingkan dengan CI. Biomassa kering buah mirip pada semua perlakuan. Pada saat panen, buah DI memiliki konsentrasi total padatan terlarut 21% lebih tinggi dan pengembangan warna yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kejadian busuk pucuk buah cukup tinggi pada perlakuan PRD dan DI, namun lebih dari 80% buah tidak terpengaruh. Pelakuan DI dan PRD dapat menghemat air sebanyak 170 L dan 164 L, dibandingkan dengan perlakuan CI. Kedua perlakuan ini dapat menjadi strategi irigasi yang layak untuk produksi cabai, dimana manfaat dari tabungan air lebih besar daripada penurunan biomassa total buah segar (Dorji, Behboudian dan Zegbe-Domínguez, 2005).

Penelitian Shao *et al.* (2008) dilakukan untuk membandingkan dua praktek irigasi hemat air, yaitu defisit irigasi (DI) dan pengeringan parsial zone akar (PRD), dan meneliti bagaimana mereka mempengaruhi distribusi air dalam tanah, penggunaan air oleh tanaman, pertumbuhan tanaman dan hasil buah cabai yang ditanam di rumah kaca, dibandingkan dengan perlakuan irigasi komersial (CI). Kontrol (CI) dimana air irigasi diaplikasikan pada kedua sisi sistem akar ketika kadar air tanah kurang dari 80% kapasitas lapang. Perlakuan Defisit irigasi (DI50, DI75) dimana 50% dan 75% CI dipasok pada kedua sisi sistem akar. Perlakuan 1PRD dengan setengah dari sistem akar terkena pengeringan tanah dan setengah lainnya tetap disiram dengan air irigasi 50% CI, dan perlakuan 2PRD diberi air irigasi 50% CI, pada setengah sisi dari sistem akar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar air tanah volumetrik rata-rata DI75, DI50, 1PRD dan 2PRD lebih rendah sebesar 21,06%, 28,32%, 24,48% dan 34,76%, dibandingkan dengan perlakuan CI. Konsumsi air menunjukkan adanya efek perlakuan irigasi selama masa pertumbuhan yang mengalami cekaman kekeringan, sehingga menurun pada perlakuan DI75, DI50, 1PRD dan 2PRD ke tingkat sekitar 75% dan 50% CI. Perlakuan DI dan PRD mengakibatkan penurunan dari total biomassa kering 7,29-44,10%, biomassa batang dan daun 24,97-47,72% dibandingkan dengan perlakuan CI. Peningkatan rasio akar-batang 12,50-35,42% dibandingkan dengan kontrol dan dengan perbedaan yang signifikan di antara 2PRD, 1PRD, DI50 dan CI. Hasil pada perlakuan 1PRD berkurang secara signifikan sebesar 23,98% dibandingkan dengan CI (19566 kg hm⁻²) selama 109 hari setelah tanam. Perlakuan 1PRD memiliki 17,21% dan 24,54% tambahan hasil di atas perlakuan DI50 dan 2PRD; dan memiliki nilai IWUE 52,05% lebih tinggi daripada perlakuan CI (Shao *et al.*, 2008).

Pada saat panen, bobot buah tunggal dan volume buah tunggal lebih rendah pada perlakuan DI dan PRD, konsentrasi total padatan terlarut pada buah cabai pada perlakuan air defisit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan CI. Konduktansi stomata diukur dalam daun segar menunjukkan nilai terendah pada perlakuan 1PRD relatif terhadap CI dan perlakuan lainnya. Rendahnya konduktansi stomata pada daun

segar ini tampaknya ada kaitannya dengan mekanisme akar dalam tanaman yang mengalami pengeringan zone akar secara parsial (Shao *et al.*, 2008).

Pengaruh tiga frekuensi irigasi (3, 6 dan 9 hari) terhadap neraca air, pertukaran gas dan produksi buah tiga kultivar cabai *C. chinense* dievaluasi di lapangan dengan tujuan untuk memilih kultivar yang paling tahan terhadap defisit air (Jaimez, Rada dan García-Núñez, 1999). Desain percobaan split-plot dengan tiga ulangan digunakan dalam penelitian ini. Kadar air tanah tersedia pada saat irigasi adalah 68-80%, 35-45% dan 8-20% dari kapasitas lapang selama 3, 6 dan 9 hari. Pertukaran gas di daun dan potensial air daun diukur pada interval 2 dan 2,5 jam, pada umur tanaman 45, 63, 87 dan 101 hari setelah tanam bibit. Kurva tekanan-volume digunakan untuk menentukan potensi osmotik terhadap tegangan turgor. Produksi buah cabai diukur dari koleksi mingguan selama periode percobaan. Potensial air minimum menurun pada frekuensi irigasi lebih rendah untuk dua kultivar. Penurunan potensial osmotik turgor (0,25-0,42 MPa) pada dua kultivar ternyata sama, hal ini menunjukkan bahwa mereka mampu menyesuaikan tekanan osmotiknya. Penurunan yang signifikan dalam hal konduktansi stomata diamati di antara tanaman yang disiram setiap 3 hari (139-193 mmol/m²/detik) dan 6 hari (71-85 mmol/m²/detik). Tidak ada perbedaan di antara perlakuan irigasi 6 dan 9 hari. Kecenderungan yang sama diperoleh untuk asimilasi harian rata-rata (4,7-5,6 μ mol/m²/detik selama 3 hari dan 3,0-3,7 μ mol/m²/detik selama 6 hari). Produksi buah cabai dipengaruhi secara beragam tergantung pada budidaya tanaman (penurunan 24% hingga 40% di antara frekuensi irigasi 3 dan 6 hari) (Jaimez, Rada dan García-Núñez, 1999).

Tanaman cabai paprika (*Capsicum annuum* L) membutuhkan irigasi pada tahap tertentu pertumbuhannya, karena ini mempengaruhi hasil buah dan kualitasnya. Hasil buah cabai paprika meningkat dengan peningkatan relatif kelembaban tanah, sedangkan kualitas buah tidak mengikuti tren yang sama. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh berbagai rezim air irigasi terhadap hasil buah dan kualitasnya pada tingkat pemupukan yang seragam. Penelitian dilakukan pada musim tanam 2006/2007 di rumahkaca kampus Luyengo Universitas Swaziland (Shongwe, *et al.*,

2010). Rancangan acak kelompok digunakan dengan empat perlakuan air (0,40, 0,60, 0,80 dan $100 \times$ Kapasitas Lapang). Parameter yang diukur meliputi jumlah daun per tanaman, tinggi tanaman, kandungan klorofil, ukuran kanopi, lebar daun, panjang daun, tebal batang, biomassa kering, biomassa segar, panjang buah, dan kandungan Brix. Peningkatan yang signifikan ($P < 0,05$) jumlah daun, tinggi tanaman, kandungan klorofil, ukuran kanopi, biomassa segar dan biomassa kering, panjang buah, pada tingkat kelembaban tanah tertinggi ($1,00 \times$ KL) diikuti oleh rezim tertinggi ke dua ($0,80 \times$ KL), sedangkan rezim air-tanah rendah menghasilkan pertumbuhan tanaman yang rendah. Indeks luas daun tidak berbeda secara signifikan pada semua perlakuan. Peningkatan perlakuan air tanah, $0,80 \times$ KL dan $1,00 \times$ KL, meningkatkan hasil buah cabai, tetapi menurunkan nilai Brix, dan kualitas buah paprika lebih rendah. Berdasarkan hasil-hasil penelitian ini, perlakuan yang disarankan kepada petani cabai adalah $0,8$ KL ketika mengairi tabnaman cabai (Shongwe, *et al.*, 2010).

Fenomena kekeringan tanah serngkali menjadi hambatan utama yang membatasi perkembangan pertanian di bagian barat daya dan barat laut Cina (Tian *et al.*, 2014). Di daerah- daerah kering, budidaya tanaman ini telah menjadi industri lokal yang penting. Efek kekeringan terhadap kandungan capsanthin buah belum diteliti dengan baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efek stres kekeringan terhadap akumulasi capsanthin dalam buah cabai, dan untuk mengevaluasi dampak kekeringan terhadap ekspresi gen kunci dalam jalur biosintesis capsanthin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekeringan secara signifikan mempengaruhi sintesis capsanthin dalam buah cabai; sedangkan kekeringan parah memiliki dampak terbesar terhadap akumulasi capsanthin. Pada saat yang sama, ditemukan bahwa tingkat capsanthin dapat dikembalikan jika air dipasok ke tanaman yang mengalami stress-air selama tahap perkembangan buah dan pematangan buah. Analisis ekspresi gen kunci dalam jalur biosintesis capsanthin menunjukkan bahwa stress-kekeringan tidak banyak berpengaruh terhadap ekspresi gen synthase capsanthin / capsorubin (Ccs), tetapi bahwa kekeringan tanah memiliki efek yang lebih besar terhadap ekspresi gen lycopene- β -cyclase (Lcyb) dan β -karoten

hidroksilase (Crtz). Hal ini mengakibatkan penurunan kandungan capsanthin pada buah cabai (Tian *et al.*, 2014).

Siklus stres air yang terkendali menurunkan potensial air daun pagi hari pada tanaman *Capsicum annuum* dari -0,25 MPa ketika pasokan air terbatas menjadi -0,55 - -0,65 MPa. Pada awalnya, potensial osmotik daun juga menurun hingga turgor daun dapat dipertahankan. Setelah 4-5 hari tanpa penambahan air, ternyata turgor daun menurun menyusul pengurangan yang signifikan pada kemampuan penyesuaian osmotik. Tanaman yang menderita stress-air sangat ringan, yang dikembangkan secara perlahan-lahan selama 3-4 hari memiliki kandungan P-daun (anorganik) secara signifikan lebih rendah daripada tanaman kontrol. Fraksi P-organik tidak terpengaruhi secara kuantitatif. Tingkat P-daun yang rendah berkorelasi erat dengan kadar air tanah dan berdampak pada berkurangnya serapan P tanaman (Turner, 1985).

Kandungan relatif klorofil daun (Chl.), pertukaran gas di daun, Chl. fluoresensi, biomassa tanaman, dan hasil buah cabai dievaluasi dalam budidaya cabai (*Capsicum annuum* L.) selama musim panas dengan tiga tingkat naungan (tidak ada naungan, 30% teduh, dan 70% teduh) dan empat perlakuan air tanah (KAT) yaitu 40-55%, 55-70%, 70-85%, dan 85-100% kapasitas lapangan (KL). Tanaman cabai lebih banyak dipengaruhi oleh radiasi daripada kelembaban tanah dan oleh interaksi keduanya selama periode penelitian. Tanaman cabai mencapai kadar Chl daun terbesar (dinyatakan sebagai nilai SPAD) dan aktivitas fotosintesis tertinggi ketika dibudidayakan dengan 30% naungan, sehingga tanaman menghasilkan biomassa dan hasil buah paling banyak. Perlakuan naungan 70% meningkatkan efisiensi fotosintesis daun (dinyatakan sebagai F_v/F_m atau F_v'/F_m'), namun tanaman ini menunjukkan laju fotosintesis terendah, koefisien pendinginan fotokimia (qP), dan koefisien pendinginan non-fotokimia (NPQ). Hal ini menunjukkan bahwa radiasi tidak mencukupi pada perlakuan 70% naungan. Tingkat fotosintesis neto pada daun (PN), F_v/F_m , dan hasil buah meningkat secara bertahap kalau tingkat KAT meningkat dari 40-55% KL menjadi 70-85% KL, tetapi parameter ini menurun kalau perlakuan air tanah melebihi 70-85% KL. Konsumsi air meningkat secara progresif dengan tingkat ketersediaan air tanah, namun efisiensi penggunaan air (WUE)

mencapai nilai tertinggi pada perlakuan air-tanah 55-70% KL. Interaksi naungan dan air-tanah memiliki efek yang signifikan terhadap PN dan Fv/Fm, tetapi tidak pada parameter lainnya. Pada kondisi cekaman-kekeringan (40-55% dan 55-70% KL), 30% naungan dapat meringankan kerusakan kekeringan dan meningkatkan kapasitas fotosintesis dan WUE, tetapi tidak berlaku pada perlakuan 70% naungan, bahkan memperburuk kerusakan. Korelasi positif ($r^2 = 0,72$) ditemukan antara PN daun dengan hasil buah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan fotosintesis daun akan meningkatkan hasil buah tanaman cabai. Untuk keperluan pertanian, perlakuan 30% naungan dengan 70-85% KL disarankan untuk menumbuhkan cabai selama tahap pertumbuhan buah di bulan-bulan musim panas (Zhu, *et al.*, 2012).

Dampak genangan air jangka pendek terhadap konduktansi stomata dan fotosintesis neto tanaman *Capsicum annum* L. Diteliti pada kondisi lingkungan yang terkendali. Penggenangan tanah mengakibatkan penutupan stomata yang signifikan dan penurunan fotosintesis neto. Rata-rata diurnal konduktansi stomata menurun 145-78 mmol H₂O/m²/detik selama satu hari dan 18 mmol H₂O/m²/detik selama dua hari penggenangan, sedangkan rata-rata fotosintesis neto diurnal berkurang dari 7,5 μmol CO₂/m²/detik menjadi 7,0 dan 5,8 μmol CO₂/m²/detik selama satu dan dua hari penggenangan. Rendahnya tingkat konduktansi stomata dan fotosintesis neto terus berlanjut sepanjang periode percobaan, dan rata-rata fotosintesis neto harian turun secara substansial selama empat hari genangan. Pemulihan konduktansi stomata dan fotosintesis neto selama tiga hari setelah penghentian genangan relatif lambat. Penutupan stomata yang cepat dan penurunan fotosintesis neto, ditambah dengan pemulihan yang lambat, merupakan faktor penting yang berkontribusi terhadap intoleransi tanaman *Capsicum* terhadap genangan air (Pezeshki dan Sundstrom, 1988).

2.3.5. Ketersediaan Hara dan Pemupukan.

Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi respon tanaman Paprika (*Capsicum annum* L.) terhadap kerapatan tanaman dan pemupukan nitrogen pada kondisi lapangan (Bhuvanewari, *et al.*, 2014). Kerapatan tanaman pada empat tingkat ($20 \times$

50 cm, 30 x 50 cm, 20 x 100 cm dan 30 x 100 cm) dan pemupukan N empat dosis (0, 50, 100 dan 150 kg N/ha). Tinggi tanaman, jumlah batang lateral, kandungan klorofil daun, hasil buah, dinilai pada tahap dewasa dan matang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, jumlah batang lateral dan bahan kering daun) dan faktor reproduksi (volume buah dan bobot buah) menurun dengan meningkatnya kepadatan tanaman, tetapi hasil total buah (kg/ha) meningkat dengan meningkatnya kepadatan tanaman. Total hasil buah yang tertinggi dan terendah diperoleh dengan kerapatan tanaman 20 x 50 cm dan 30 x 100 cm. Pupuk nitrogen secara signifikan berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah batang lateral dan kandungan klorofil daun. Pemupukan N dengan dosis 150 kg N ha⁻¹ mengakibatkan volume buah dan hasil tanaman tertinggi. Ada perbedaan yang signifikan antara volume buah dan bobot buah dengan interaksi antara kerapatan tanaman dan perawatan nitrogen (Bhuvanewari, *et al.* 2014).

Kerapatan tanaman merupakan faktor penentu penting dari hasil. Di antara faktor-faktor, nitrogen sangat banyak penting untuk pembentukan tanaman yang baik dan pertumbuhan yang diharapkan (Uddin dan Khalequzzaman, 2003). Sumber alami terbesar nitrogen atmosfer bumi, yang kira-kira 78% gas nitrogen, bentuk inert dan pada dasarnya biologis tersedia dari elemen. Proses ini menghasilkan nitrogen dalam tiga bentuk utama, yang masing-masing tersedia untuk tanaman: nitrat, nitrit, dan amonium (Wiedenhoeft, 2006).

Nasto *et al.* (2009) melaporkan bahwa peningkatan kerapatan tanaman menghasilkan yield yang lebih besar (kg ha⁻¹) dari paprika. Kenaikan yield dengan kerapatan tanaman yang lebih tinggi adalah sebagai akibat dari peningkatan jumlah buah per ha pada tanaman cabai paprika langsung unggulan (Cavero *et al.*, 2001). Ini telah diamati bahwa pupuk Nitrogen merupakan komponen penting dari setiap sistem di mana tujuannya adalah untuk mempertahankan hasil yang baik (Law dan Egharevba, 2009). Produktivitas lada sangat responsif terhadap pupuk N. Tumbare *et al.* (2004) melaporkan bahwa pupuk nitrogen berat meningkat buah, hasil dan buah jumlah cabai.

Qawasmi *et al.* (1999) melaporkan bahwa peningkatan tingkat nitrogen diterapkan pada tanaman lada meningkatkan serapan nitrogen oleh tanaman dan pada saat yang sama, merangsang penyerapan kalium dan fosfor melalui efek sinergis dari nitrogen pada mereka.

Tingkat 100 dan 150 kg N ha⁻¹ pupuk nitrogen menghasilkan tanaman tertinggi dan terpendek tanaman terbentuk di kontrol. Namun, tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan antara tiga perlakuan: 50, 100 dan 150 kg N ha⁻¹. Hasil yang diperoleh sepakat dengan orang lain (Bar *et al.*, 2001; Bowen dan Frey, 2002). Tinggi tanaman dapat dianggap sebagai salah satu indeks kekuatan tanaman biasanya dan itu tergantung pada kekuatan dan pertumbuhan kebiasaan tanaman. Nutrisi tanah juga sangat penting untuk tinggi tanaman. Nitrogen memberikan warna gelap hijau untuk tanaman dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman-tanaman. Hal ini memainkan peran penting dalam penyusunan pati dalam daun dan produksi asam amino. Ini meningkatkan kualitas sayuran berdaun dan makanan ternak dan kandungan protein makanan-butir. Tanaman mengandung 1-5% nitrogen berat. Kelebihan N menyebabkan pertumbuhan lezat berlebihan dan kerentanan terhadap hama dan penyakit. Oleh karena itu, dosis yang lebih tinggi nitrogen meningkat tinggi tanaman (Pervez *et al.*, 2004).

Pengaruh tingkat pupuk nitrogen pada konten daun klorofil signifikan (Tabel 3). Hasil penelitian menunjukkan kandungan klorofil daun tertinggi dan terendah yang diamati pada 50 kg N ha⁻¹ dan kontrol tanaman (di vegetatif dan berbunga tahap) tapi tidak ada signifikansi antara tingkat nitrogen pada tahap reproduksi. Hasil serupa telah dilaporkan dalam investigasi yang dilakukan oleh Bowen dan Frey (2002), Aroiee dan Omidbaigi (2004) dan Basela *et al.* (2008). Efek promosi pupuk anorganik pada kandungan klorofil dapat dikaitkan dengan fakta bahwa nitrogen merupakan konstituen dari molekul klorofil. Selain itu, nitrogen adalah konstituen utama dari semua asam amino dalam protein dan lipid yang bertindak sebagai senyawa struktural dari kloroplas (Basela dan Mahadeen, 2008). Nitrogen merupakan nutrisi yang paling penting dan dibutuhkan oleh tanaman dalam proporsi terbesar. Ini

adalah konstituen penting dari klorofil, protoplasma, protein dan asam nukleat. Hal yang paling penting untuk persiapan pati dalam daun dan produksi asam amino.

Pupuk nitrogen secara signifikan mempengaruhi berat rata-rata buah dan buah volume (4) Data menunjukkan bahwa berat buah dan volume buah tertinggi diamati dari 50 dan 100 kg N ha⁻¹ perlakuan (50,55 ± 0,05 g, 64,71 ± 0,07 cm³), sedangkan terendah dimiliki kontrol (49,44g, 51,00 ± 0,03 cm³). Hasil ini konsisten dengan yang dilaporkan oleh Bar *et al.* (2001), Magdatena (2003), AKANBI *et al.* (2007) dan Aujla *et al.* (2007) yang juga melaporkan bahwa peningkatan tingkat pupuk nitrogen meningkatkan bobot buah rata-rata dan volume merica. Kerapatan tanaman 20 × 100 cm dengan 100 kg N ha⁻¹, sedangkan berat terendah buah (2,85 ± 0,01 g) dan panjang buah (115 cm³) terkait dengan kerapatan tanaman masing-masing 20 × 50 dan 30 × 50 cm.

Gene (2002) dan Jovicich dan Cantliffe (2003) melaporkan temuan serupa dengan meningkatnya bobot buah rata-rata dengan jarak yang lebih lebar. Perubahan perbedaan pertumbuhan dapat dikaitkan dengan berkurangnya kompetisi untuk nutrisi yang tersedia dalam energi tanah dan cahaya. Sementara kepadatan penanaman yang lebih tinggi merugikan pertumbuhan dan hasil tanaman individu, biomassa total produksi per satuan luas meningkat dengan kepadatan. Jadi dalam batas, penanaman kepadatan tinggi mengkompensasi penurunan berat tanaman individu. Dengan demikian, penelitian kami menunjukkan bahwa aplikasi pupuk nitrogen dianjurkan untuk produksi Bell tanaman cabai dan bisa menjadi perhatian bagi petani.

Percobaan lapangan dilakukan untuk mempelajari pengaruh N dan P terhadap ukuran buah dan hasil buah Capsicum (Roy, Khan dan Pall, 2011). Perlakuan terdiri empat dosis N (0, 50, 100, 150 kg/ha) dan tiga dosis P (0, 30, 60 kg/ha). Panjang dan luasnya buah dan jumlah buah per tanaman meningkat secara signifikan dengan meningkatnya dosis pupuk N hingga 100 kg N/ha. Rata-rata bobot buah cabai meningkat secara signifikan hingga dosis 150 kg N/ha. Bobot rata-rata buah dan hasil buah cabai juga meningkat secara signifikan dengan meningkatnya dosis pupuk P hingga 30 kg P/ha, sedangkan panjang buah buah dan jumlah buah per tanaman

meningkat secara signifikan hingga dosis 60 kg P/ha. Kombinasi dosis pupuk yang paling baik adalah 150 kg N/ha dan 30 kg P/ha (Roy, Khan dan Pall, 2011).

Pupuk merupakan salah satu faktor utama dalam budidaya tanaman cabai. Unsur hara N sangat penting bagi pertumbuhan tanaman yang baik (Uddin dan Khalequzzaman, 2003). Penggunaan pupuk anorganik dan organik telah geliat arti besar dalam beberapa tahun terakhir dalam produksi sayuran, karena dua alasan. Pertama, kebutuhan untuk peningkatan produksi lanjutan dan per hektar hasil sayuran membutuhkan jumlah peningkatan nutrisi. Kedua, hasil dari sejumlah besar percobaan pada pupuk anorganik dan organik yang dilakukan di beberapa negara menunjukkan bahwa pupuk anorganik saja tidak dapat mempertahankan produktivitas tanah di bawah sangat intensif sistem tanam (Singh dan Jain, 2004).

Dosis optimum pupuk meningkatkan pertumbuhan yang tepat, pengembangan dan memaksimalkan hasil paprika. Release pupuk yang lambat juga menjanjikan besar untuk produksi sayuran solanaceous seperti terong dan tomat (Gezerel dan Donmez, 1988). Mereka menemukan bahwa pupuk slow release menghasilkan buah tomat 92 t/ha, dibandingkan dengan hanya 42 t/ha ketika pupuk komersial biasa digunakan. Banyak hasil penelitian berbagai negara di dunia telah mencoba untuk budidaya komersial paprika dalam berbagai aspek budidaya. Dosis pupuk mempengaruhi kuantitas dan kualitas buah cabai. Dosis pupuk mempengaruhi kandungan capsaicin dan warna buah cabai Ered (Yodpetch, 1997).

Analisis varians menunjukkan bahwa hasil itu meningkat secara signifikan dengan peningkatan kadar nitrogen. Jumlah tertinggi hasil buah berharga dari capsicum (8,34 t/ha) ditemukan dengan 150 Kg N/ha dan pada saat yang sama jumlah terendah yield (4,94 t/ha) diamati pada perlakuan kontrol. Hasil bertahap meningkat dengan meningkatnya dosis nitrogen. Akhirnya ketersediaan nitrogen dan mereka serapan oleh tanaman berurutan meningkatkan jumlah hasil. Aplikasi 150 kg N/ha di split sama, pada saat tanam, 30 hari dan 60 hari setelah tanam memberikan hasil yang lebih tinggi dari yang manis lada cv. 'California Keajaiban' (Hasanuzzaman, 1999; Roy, Khan dan Pall, 2011). Dengan meningkatnya pemupukan nitrogen hasil buah meningkat hingga tingkat tertentu (Hasan, 1978). N dan P pengobatan, menunjukkan

bahwa 120 kg N/ha + 60 kg P/ha memberikan hasil signifikan lebih tinggi daripada kombinasi lainnya (Srivastava *et al.*, 2003). Hasil buah cabai meningkat dengan meningkatnya kadar nitrogen dan hasil buah tertinggi tercatat dengan 120 kg N/ha + 60 kg P/ha, (Singh *et al.*, 2000). Aliyu (2002) menemukan bahwa peningkatan yang signifikan dalam hasil baik per tanaman dan per hektar diperoleh hingga 240 kg N/ha. Balakrishnan (1999) melaporkan bahwa pertumbuhan tanaman dan hasil buah berkurang jauh dalam nitrogen pengobatan kekurangan tetapi hanya sedikit dipengaruhi oleh kekurangan kalsium. Berkenaan dengan dosis pupuk N, pertumbuhan vegetative dan buah hasil buah cabai yang terbesar (5,49 t/ha) terjadi pada pemupukan dengan dosis 120 kg N/ha (Singh *et al.*, 2000). Hasil cabai kering meningkat secara signifikan dengan meningkatnya dosis pupuk N, pemupukan dengan dosis 120 kg N/ha menunjukkan kenaikan hasil buah cabai sebesar 313,8%, 103,9% dan 24,8% dibandingkan dengan perlakuan pemupukan dosis 0, 60 dan 90 kg N/ha (Das *et al.*, 1992).

Hasil buah paprika (*Capsicum annum L.*) meningkat dengan kenaikan tingkat fosfor secara signifikan. Hasil buah tertinggi (7,18 t/ha) diamati dengan 60 kg P/ha (Roy, Khan dan Pall, 2011), hasil buah terendah (6,27 t/ha) diamati pada perlakuan kontrol. Singh *et al.* (2004) melaporkan bahwa hasil buah tertinggi Capsicum terjadi dengan pemupukan 120 kg N/ha + 60 kg P/ha. Pemupukan dengan dosis 60 kg P/ha memberikan hasil yang lebih tinggi dari 120 kg P/ha (Srivastava *et al.*, 2003). Aplikasi pupuk fosfor meningkatkan awal panen dan jumlah hasil paprika manis (Ozaki dan Hortenstine, 1963). Interaksi nitrogen dan fosfor terhadap hasil adalah signifikan.

Roy, Khan dan Pall (2011) menemukan bahwa hasil buah cabai (8,51 t/ha) adalah yang tertinggi pada perlakuan N3P1, hasil buah terendah (4,57 t/ha) pada perlakuan kontrol (N0P0). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecukupan N dan P sangat penting untuk meningkatkan hasil buah cabai. Kombinasi pemupukan 120 kg N/ha + 60 kg P/ha menghasilkan buah cabai paling banyak (262,30 q/ha) (Chauhan *et al.*, 2005). Sedangkan penelitian Chaudhary *et al.* (2007) mendapatkan bahwa hasil buah cabai yang maksimum diperoleh dengan pemupukan 250 kg N/ha,

sedangkan pemupukan P meningkatkan hasil buah cabai dengan meningkatkan jumlah buah dan hasil buah per tanaman pada dosis pemupukan hingga 150 kg P/ha.

Narayan *et al.*, (2004) menjelaskan bahwa N, P dan K serapan maksimum (134,56, 14,91 dan 104,46 kg/ha), hasil buah (296,63 q/ha), kandungan asam askorbat (114,26 mg/100g) dan kandungan klorofil (6,50 mg/g) tercatat di 50% kotoran unggas (PM) + 50% aplikasi NPK. Singh dan Jain (2004) menemukan bahwa hasil buah tertinggi tercatat dengan 120 kg N/ha + 60 kg P/ha, diikuti dengan 120 kg N/ha + 30 kg P/ha. Hasil buah terendah tercatat pada perlakuan kontrol dimana hanya 60 kg K/ha diaplikasikan sebagai pupuk dasar. Sharma *et al.* (1996) menyimpulkan bahwa perlakuan pemupukan terbaik untuk mempromosikan hasil dan profitabilitas adalah 120 kg N/ha + 30 kg P₂O₅ /ha. Shrivastava *et al.* (1996) menemukan bahwa hasil per tanaman yang tertinggi (637,5 g) dan hasil buah per ha (92,95 q/ha) terjadi pada diperlakukan pemupukan 250 kg N /ha + 200 kg P/ha + 200 kg K /ha.

Penelitian lapangan dilakukan untuk mengevaluasi respon tanaman paprika (*Capsicum annum* L.) terhadap kerapatan tanaman dan pemupukan N (Aminifard, *et al.* 2012). Kerapatan tanaman ada empat macam (20 × 50 cm, 30 × 50cm, 20 × 100 cm dan 30 × 100 cm) dan pemupukan N dengan empat dosis (0, 50, 100 dan 150 kg N / ha). Tinggi tanaman, jumlah batang lateral, kandungan klorofil daun, hasil buah, dan kandungan vitamin C dinilai pada tahap pertumbuhan tanaman dewasa dan fase pemasakan buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, jumlah batang lateral dan biomasa daun), dan faktor reproduksi (volume buah, bobot buah dan hasil tanaman) menurun dengan meningkatnya kepadatan tanaman, tetapi hasil total (kg/ha) meningkat dengan meningkatnya kerapatan density (Aminifard, *et al.*, 2012). Total hasil buah tertinggi dan terendah diperoleh dengan kerapatan tanaman 20 × 50 cm dan 30 x 100 cm. Pupuk N secara signifikan berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah batang lateral dan kandungan klorofil daun. Pemupukan N dengan dosis 50 kg N / ha mengakibatkan volume buah dan hasil buah yang tertinggi. Interaksi antara kerapatan tanaman dan pemupukan N berpengaruh terhadap volume buah dan bobot buah cabai (Aminifard *et al.*, 2012).

Penelitian tentang kerapatan tanaman untuk berbagai jenis cabai menunjukkan bahwa kerapatan tanaman dan pengaturan jarak tanaman mempengaruhi perkembangan tanaman, pertumbuhan tanaman dan hasil buah paprika (Khasmakhi-Sabet *et al.*, 2009). Kerapatan tanaman merupakan faktor penentu hasil buah cabai. Hasil per satuan luas cenderung meningkat kalau kerapatan tanaman meningkat sampai titik tertentu dan kemudian menurun (Akintoye *et al.*, 2009). Nasto *et al.* (2009) melaporkan bahwa peningkatan kerapatan tanaman menghasilkan buah cabai lebih banyak (kg/ha). Jarak tanam yang lebih lebar menyebabkan peningkatan produksi buah per tanaman dengan ukuran buah lebih besar dan lebih banyak buah per tanaman tomat (Law dan Egharevba, 2009). Kerapatan tanaman secara signifikan mempengaruhi bobot akar tanaman cabai (Viloria *et al.*, 2002). Kenaikan hasil buah cabai dengan kerapatan tanaman yang lebih tinggi adalah sebagai akibat dari peningkatan jumlah buah per ha, terutama pada cabai paprika yang ditanam langsung dari bijinya (Cavero *et al.*, 2001). Praktek pemupukan N dalam budidaya cabai sangat penting untuk mempertahankan hasil buah yang baik (Law dan Egharevba, 2009). Produktivitas cabai sangat responsif terhadap pemupukan N. Tumbare *et al.* (2004) melaporkan bahwa pemupukan N dosis tinggi dapat meningkatkan hasil buah, dan jumlah buah cabai. Madeira dan de Varennes (2005) mendapatkan bahwa kandungan total klorofil daun, konsentrasi N daun dan bobot kering cabai meningkat dengan meningkatnya dosis pupuk N. Guohua *et al.* (2001) menemukan bahwa berbagai bentuk pupuk N mempengaruhi pembungaan cabai, fruitset, waktu pemasakan buah dan hasil buah. Qawasmi *et al.* (1999) melaporkan bahwa peningkatan dosis pupuk N dapat meningkatkan serapan N tanaman cabai dan merangsang penyerapan K dan P melalui efek sinergis dari N.

Sebuah percobaan rumah kaca secara acak-kelompok dilakukan untuk mempelajari efisiensi pemanfaatan N dan kehilangan N dalam system budidaya cabai intensif (*Capsicum frutescens* L.) di Shouguang, China timur laut (Zhu *et al.*, 2005). Hasil panen dan pemanfaatan N, dinamika N-tanah dan potensi pencucian nitrat dipelajari dalam petak-petak terkendali yang tidak menerima pupuk N atau pupuk organik dan pada petak-petak percobaan yang menerima 0, 600, 1200 atau 1800 kg

urea N/ha ditambah pupuk dasar 15 t/ha kotoran unggas kering udara yang memasok 178 kg N/ha. Penguapan amonia dari permukaan tanah dipantau dengan baik. Sebuah microplot dibuat di setiap plot dan diberi 1.200 kg urea N/ha (rata-rata tingkat aplikasi pupuk N komersial lokal), urea yang diterapkan untuk microplot ini diberi label dengan 10% ^{15}N atom isotop dan kandungan residu ^{15}N diukur pada tanah dan bagian tanaman dipanen. Pertanaman intensif sebelumnya menyebabkan tingginya residu N-tanah (1117 kg N/ha) sebelum percobaan dimulai dan petak kontrol menghasilkan buah rata-rata 5,7 t/ha (bobot kering) dengan tidak ada respon hasil yang signifikan terhadap aplikasi pupuk dan kotoran unggas. Hanya 10% N-pupuk yang diaplikasikan ditemukan dalam bagian tanaman di atas tanah dan sekitar 52% N-pupuk hilang dari sistem tanah-tanaman. Kehilangan yang cukup besar pencucian nitrat terjadi pada aplikasi pupuk N (dua dosis tertinggi) tetapi ada sedikit penguapan NH_3 dari permukaan tanah. Dalam sebuah survei pada 94 sumur di Shouguang, diukur konsentrasi NO_3^- dalam air sumur dan air irigasi. Hampir setengah dari 94 sumur lokal yang disurvei memiliki konsentrasi NO_3^- di atas batas ambang yang ditentukan oleh USEPA (yaitu tingkat kontaminasi maksimum air 10 mg/L). Data menunjukkan bahwa pemupukan N pada tanaman sayuran yang dikelola secara intensif di timur laut Cina harus dikurangi, untuk mempertahankan hasil panen sambil menghindari pencemaran lingkungan jangka panjang (Zhu *et al.*, 2005).

Keragaman dan populasi jamur mikoriza arbuskula (AMF) sangat penting dalam kaitannya dengan pertanaman organik cabai (*Capsicum frutescens* L.) di Thailand. Boonlue *et al.* (2012) melakukan penelitian untuk menyelidiki keragaman dan status populasi AMF di empat budidaya cabai organik di Ubon Ratchathani dan Sisaket provinsi. Efek dari setiap spesies AMF terhadap serapan hara dan pertumbuhan cabai yang ditanam pada media tanam yang steril, tanah organik. Penelitian ini menemukan empat belas AM taksa jamur tergolong ke dalam genus Acaulospora (4 spp.), Entrophospora (1 sp.), Glomus (7 spp.) dan Scutellospora (2 spp.). Glomus adalah genus dominan ditemukan di semua situs, diikuti oleh Acaulospora. Kepadatan spora dan kolonisasi akar cabai oleh AMF tidak berbeda signifikan di antara lokasi. Efek dari sepuluh terpilih spesies AMF terhadap

pertumbuhan cabai menunjukkan bahwa Gl. Clarum RA0305 meningkatkan pertumbuhan, pembungaan, dan produksi buah cabai, dan juga meningkatkan serapan P secara signifikan, dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza. Jamur ini menunjukkan potensi tertinggi sebagai promotor pertumbuhan, pembungaan dan hasil produksi buah cabai organik. (Boonlue *et al.*, 2012).

Dua percobaan yang terkontrol dirancang untuk mempelajari pengaruh pupuk organik, solarisasi tanah, dan endomycorrhizae terhadap hasil buah dan kualitas buah cabai-manis (Zayed *et al.*, 2013). Sebuah desain percobaan split-split plot digunakan dengan empat ulangan untuk setiap perlakuan. Perlakuan pupuk organik secara acak didistribusikan di antara plot utama, perlakuan solarisasi tanah diaplikasikan pada sub plot, sedangkan perlakuan mikoriza dialokasikan sebagai sub-sub plot. Interaksi gabungan pupuk organik, solarisasi tanah, dan endomycorrhizae memberikan persentase infeksi akar tertinggi bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu 78% dan 87% pada musim pertama dan musim ke dua. Pupuk organik, solarisasi tanah dan inokulasi mikoriza, baik secara terpisah atau dalam interaksinya ternyata menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam hasil awal buah cabai, total hasil buah, jumlah buah per plot, panjang buah dan diameter buah. Interaksi gabungan antara pupuk organik, solarisasi tanah, dan VAM memberikan peningkatan yang signifikan tertinggi pada hasil awal dan jumlah buah (kg/plot) dan jumlah buah per petak menjadi 9,251 kg/plot, 75,645 kg/plot dan 529,3 buah/plot (Zayed,*et al.*, 2013).

Urine manusia yang kaya hara tanaman mempunyai nilai sebagai pupuk, sehingga perlu diketahui penggunaannya yang terbaik dalam produksi tanaman. Percobaan lapangan dilakukan di Kathmandu, Nepal, tahun 2011 untuk mengevaluasi nilai pupuk dari urin manusia dalam berbagai kombinasi dan dibandingkan dengan nilai kompos, urea dan kombinasinya, berdasarkan kinerja tanaman cabai (Shrestha *et al.*, 2013). Percobaan ditata dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari delapan perlakuan dan tiga ulangan. Setiap perlakuan diberi pupuk 100 kg N/ ha. Nilai-nilai terbesar tinggi tanaman (54,7cm), jumlah buah per tanaman (9,1), dan hasil buah per tanaman (553,9 g/tanaman) terjadi pada tanaman yang dipupuk dengan

urine manusia dikombinasikan dengan kompos. Urin manusia yang dikombinasikan dengan 50 kg PK/ha menghasilkan bobot buah tertinggi (67,2g) dan diameter buah (5,5cm). Tanaman yang dipupuk dengan kombinasi urin manusia dan kompos menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dan hasil buah lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan pupuk saja. Perlakuan urine manusia lebih baik bila dikombinasikan dengan kompos, dan dapat digunakan sebagai sumber pupuk yang menjanjikan dalam produksi paprika (Shrestha, *et al.*, 2013).

Casado-Vela *et al.* (2007) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh aplikasi tiga dosis kompos yang berasal dari lumpur-limbah (3, 6 dan 9 kg/m² kompos) terhadap sifat fisiko-kimia tanah-tanah berkapur yang ditanami paprika (*Capsicum annuum* var. *annuum*) cv. California. Studi perbandingan dua pola budidaya yang berbeda dilakukan; pertama adalah budidaya petak terbuka di lapangan dan ke dua adalah budidaya di rumah kaca. Bahan organik, N-total Kjeldahl dan P-tersedia dalam tanah meningkat setelah aplikasi kompos. Aplikasi kompos dosis 9 kg/m² memunculkan sifat-sifat buruk pada tanah, seperti akumulasi garam, peningkatan konduktivitas listrik dan logam berat (Pb > Cr > Cd). Aplikasi kompos 6 kg/m² memberikan pasokan hara yang diperlukan tanaman paprika pada kedua rezim budidaya tanaman. Produksi biomassa buah di rumah kaca ternyata 60% lebih tinggi dibandingkan dengan produksi di lapangan. Kadar Ca buah lebih rendah dan kadar Cu buah lebih tinggi pada kondisi rumah kaca dibandingkan dengan kondisi di lapangan terbuka; hal ini rampaknya memicu penyakit busuk buah, yang mempengaruhi lebih dari 10% dari panen buah cabai (Casado-Vela *et al.*, 2007).

2.3.6. Pengolahan Tanah.

Pentingnya ukuran sistem perakaran tanaman cabai sangat penting untuk mengatasi kondisi kekeringan. Kulkarni dan Phalke (2009) melakukan penelitian untuk: (i) mengevaluasi variabilitas ukuran sistem akar cabai pada saat panen; (ii) mengestimasi dampak sistem ukuran akar terhadap hasil buah cabai pada kondisi kekeringan; dan (iii) efek stres air terhadap perkembangan jaringan xilem dan luas penampang jaringan xilem akar tanaman cabai. Dua belas kultivar cabai ditanam pada

kotak kayu dengan dua macam perlakuan air, yaitu normal dan aplikasi air 50% sebagai kondisi defisit air. Rata-rata panjang akar primer (PRL) menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan hasil buah cabai pada kondisi normal dan kondisi stres air. Total massa kering buah berkurang 34,7% pada perlakuan kekeringan (DI) dibandingkan dengan perlakuan disiram penuh (FI). Pada saat panen, tanaman yang mengalami stress-air memiliki 21% lebih rendah massa berat kering akar, tetapi rasio akar/tajuk lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan FI lainnya. Nilai PRL, kepadatan akar lateral, total luas xilem per penampang akar menunjukkan hubungan positif yang signifikan dengan hasil buah cabai. Kepadatan akar lateral yang lebih tinggi ditemukan pada kultivar dengan kepadatan xilem yang lebih tinggi, khususnya pada kultivar yang toleran stress-air. Kepadatan akar lateral ($r = 0,847$, $P < 0,001$) dan total luas penampang xilem di akar ($r = 0,926$, $P < 0,001$) erat kaitannya dengan produksi total biomassa tanaman (Kulkarni dan Phalke, 2009).

2.3.7. Mulsa dan Pemulsaan

Di Indonesia, cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan komoditas sayuran dataran rendah yang sangat penting dalam hal area produksi dan nilai produksinya. Tingkat hasil yang relative rendah ($2,8 \text{ t ha}^{-1}$). Kesehatan tanaman yang buruk, rendahnya kualitas bahan benih, biaya produksi yang tinggi, harga pasar berfluktuasi, dan keterbatasan pengetahuan petani menjadi kendala utama produksi cabai. Pengelolaan tanaman secara terpadu (PTT) diusulkan untuk mengatasi masalah utama kesehatan tanaman. PTT berfokus pada kesehatan tanaman dengan mengoptimalkan kondisi tanaman. PTT ini tampaknya menjadi pendekatan yang cocok untuk produksi sayuran pada kondisi lingkungan iklim tropis dataran rendah, dan harus sesuai dan layak secara ekologis, toksikologi dan sosial-ekonomis (Vos dan Duriat, 1995).

Efek aplikasi mulsa terhadap kesehatan tanaman cabai diselidiki dalam suatu percobaan yang membandingkan berbagai aplikasi mulsa. Bahan mulsa terdiri dari jerami padi dan foil plastik putih atau perak. Pengamatan rutin dilakukan pada gangguan busuk-buah antraknosa, busuk bunga, bercak-daun cercospora, lalat buah oriental, kutu daun, virus dan tungau kuning-teh. Mulsa jerami padi memiliki efek

beragam pada kesehatan tanaman. Mulsa plastik putih dan keperakan dapat mengurangi gangguan kutu-daun dan epidemi virus. Efek positif secara keseluruhan mulsa plastik terhadap kesehatan tanaman berkontribusi meningkatkan produksi tanaman. Oleh karena itu mulsa dianjurkan sebagai komponen dalam program pengelolaan tanaman terpadu (PTT) untuk budidaya tanaman cabai (Vos, Uhan dan Sutarya, 1995).

Mulsa organik menjadi bagian penting dalam strategi pengelolaan gulma terpadu pada sistem produksi sayuran. Percobaan lapangan selama dua tahun dilakukan di Central Italia untuk menilai pengaruh mulsa rumput dan legum, yang berasal dari biomasa tanaman penutup musim dingin, dikombinasikan dengan herbisida atau mencangkul mekanis pada pengendalian gulma, terhadap komunitas gulma (kepadatan dan biomassa spesies gulma), dan hasil tanaman cabai. Tanaman penutup tanah Vetch berbulu (*Vicia villosa* Roth), oat (*Avena sativa* L.) dan campurannya ditaburkan di awal musim gugur dan biomasnya ditanam pada bulan Mei. Biomasa tanaman penutup tanah dipotong-potong dan diatur dalam strip-strip untuk menanam bibit cabai. Perlakuan konvensional bero selama musim tumbuhnya tanaman penutup tanah dengan dua dosis pupuk N pada tanaman cabai (0-100 kg/ha N). Tiga perlakuan pengendalian gulma diterapkan pada tanaman cabai umur 30 hari setelah tanam, yaitu: perlakuan bebas gulma, glifosat atau mencangkul mekanis. Produksi bahan kering pada kondisi ada tanaman penutup tanah berkisar antara 5,3 t/ha (perlakuan oat), 7,1 t/ha (perlakuan campuran vetch/ gandum, dan akumulasi N berkisar antara 56 kg/ha (perlakuan oat) hingga 179 kg/ha (perlakuan vetch-berbulu). Pada pertanaman cabai, ternyata perlakuan mulsa mengurangi kepadatan gulma dan biomassa gulma sepanjang musim tanam cabai. Pada saat panen, kepadatan gulma biomassa gulma pada pertanaman cabai berkisar 1,7-4,6 tanaman/m²; dan biomass gulma 28 dan 133 g/m² bahan kering. Mulsa biomasa oat memiliki kemampuan tertinggi menindas gulma dan kekayaan spesies gulmannya terendah, Indeks Shannon dan Kemerataan Shannon. Di antara barisan tanaman cabai, perlakuan mulsa memiliki kekayaan spesies tertinggi dan komunitas gulma yang paling beragam pada pengendalian gulma secara kimiawi dibandingkan dengan

pengendalian gulma mekanik. Kepadatan gulma *Portulaca oleracea* L. dan *Polygonum aviculare* L. Mencapai nilai tertinggi pada pengendalian gulma kimiawi dan kontrol mekanik. Gulma tidak mengganggu produksi cabai pada perlakuan vetch-berbulu dan campuran vetch/gandum, dimana hasil buah cabai sama dengan yang diperoleh dalam perlakuan konvensional bebas-gulma dan dipupuk N 100 kg ha⁻¹. Oleh karena itu penggunaan mulsa vetch berbulu dikombinasikan dengan sedikit pengendalian gulma mekanis atau kimiawi dapat menjadi strategi yang layak untuk mengendalikan gulma dalam pertanaman cabai (Campiglia, Radicetti dan Mancinelli, 2012).

Penurunan keanekaragaman hayati lahan-lahan pertanian terutama dikaitkan dengan penggunaan bahan-bahan agro-kimia yang semakin intensif dalam budidaya tanaman. Biomasa sisa tanaman penutup tanah berkontribusi penting dalam meningkatkan kinerja pengendalian gulma sambil tetap menjaga tingkat keanekaragaman gulma. Percobaan lapangan selama dua tahun dilakukan di Italia-tengah untuk mempelajari pengaruh spesies tanaman penutup tanah dan manajemen residu biomasanya terhadap komposisi komunitas gulma dan keragaman spesies gulma pada pola pergiliran tanaman cabai dengan tanaman penutup tanah. Jenis-jenis tanaman penutup tanah Vetch-berbulu (*Vicia villosa* Roth.), Oat (*Avena sativa* L.) dan kanola (*Brassica napus* L.) ditaburkan benihnya pada bulan September 2009 dan 2010 dan dibiarkan tumbuh tidak terganggu selama musim dingin hingga musim semi ketika mereka ditanam ke dalam tanah satu minggu sebelum tanam bibit cabai.

Biomasa sisa tanaman penutup tanah adalah: (i) sebagai pupuk hijau ditanam ke tanah pada kedalaman 30 cm (pengolahan tanah konvensional, CT), (ii) sebagai pupuk hijau ditanam pada kedalaman 10 cm (pengolahan tanah minimum, MT), dan (iii) biomasa dibiarkan di permukaan tanah sebagai strip mulsa meliputi 50% dari luas tanah yang tidak diolah (NT). Perlakuan kontrolnya berupa beromusim dingin, dan lahan kosong tanpa tanaman penutup tanah pada perlakuan NT, MT dan CT. Kalau dibandingkan dengan perlakuan beromusim dingin, ternyata perlakuan penutup tanah oat, vetch-berbulu dan canola secara konsisten mengurangi kepadatan gulma dan biomassa gulma hingga saat pembenamannya ke dalam tanah

(rata-rata 3,6, 21,5, dan 41,3 tanaman/m² dan 11,0, 49,2, dan 161,8 g/m² bahan kering). Dalam pertanaman cabai, ternyata biomasa residu oat umumnya lebih banyak menurunkan kepadatan gulma dan kekayaan spesies gulma dibandingkan dengan biomasa vetch-berbulu dan canola. Konversi biomasa tanaman penutup tanah menjadi strip mulsa sangat menurunkan kepadatan spesies gulma tetapi tidak selalu mengurangi keragaman spesies gulma di pertanaman cabai dibandingkan dengan perlakuan MT dan CT. Kekayaan spesies gulma berkurang dalam strip-strip mulsa, sementara komunitas gulma yang lebih kaya dan lebih beragam ditemukan di luar strip-strip mulsa pada perlakuan NT. Komunitas gulma pada pertanaman cabai terdiri dari gulma dikotil tahunan seperti *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Polygonum aviculare*, yang sebagian besar berhubungan dengan perlakuan MT dan CT. Sedangkan pada perlakuan NT lebih banyak ditemukan spesies gulma perennial *Rumex crispus*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan sisa tanaman penutup tanah pada perlakuan NT dapat menurunkan kepadatan gulma dan meningkatkan hasil buah cabai dibandingkan dengan perlakuan MT dan CT, sambil mempertahankan keanekaragaman species gulma (Radicetti, Mancinelli dan Campiglia, 2013).

Mulsa dianggap sebagai teknologi budidaya tanaman yang diinginkan untuk melestarikan kelembaban tanah, meningkatkan suhu tanah dan kualitas tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kondisi kualitas tanah dan kinerja tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) dalam hal kapasitas fotosintesis daun, hasil buah cabai dan kualitasnya, serta efisiensi penggunaan air irigasi (IWUE) di rumah kaca. Percobaan lapangan selama tiga tahun dilakukan dengan empat jenis mulsa (tanpa mulsa [CK], jerami gandum [SM], mulsa plastik [FM], kombinasi mulsa plastik dan jerami gandum [CM]). Mulsa dapat meningkatkan sifat fisik tanah dibandingkan dengan perlakuan tanpa mulsa. Perlakuan FM dan CM meningkatkan status kelembapan tanah dan suhu tanah dibandingkan dengan kontrol CK, sementara perlakuan SM meningkatkan kadar air tanah dan menurunkan suhu tanah. Mulsa meningkatkan laju fotosintesis neto daun (PN), konduktansi stomata terhadap uap air (gs), konsentrasi CO₂ inter-seluler (Ci), dan tingkat transpirasi (E), namun

menurunkan efisiensi penggunaan air (WUEi). Tidak ada pengaruh yang signifikan dari aplikasi mulsa terhadap fluoresensi khlorofil selama musim pertumbuhan tanaman. Hasil buah cabai dan efisiensi penggunaan air irigasi (IWUE) menunjukkan kenaikan pada semua kondisi mulsa. Dibandingkan dengan CK, hasil buah meningkat sebesar 82,3%, 65,0%, dan 111,5% tahun 2008; 38,1%, 17,4%, dan 46,5% pada tahun 2009; dan 14,3%, 6,5%, dan 19,6% tahun 2010 pada perlakuan SM, FM, dan CM. Perlakuan FM menghasilkan kualitas buah yang lebih baik daripada perlakuan lainnya, CM adalah praktek yang disarankan untuk budidaya cabai di rumah kaca karena dapat memperbaiki kualitas tanah (kelembaban dan suhu), pertumbuhan tanaman, dan hasil panen buah (Liang, *et al.*, 2011).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Peta administrasi dan titik pengamatan disajikan pada Lampiran 1. Observasi lapangan dan pengambilan contoh tanah di lapangan dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Oktober 2014, sedangkan analisis laboratorium dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2014, di laboratorium fisika dan kimia tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan pengambilan sampel tanah seperti ring sampel, bor, sekop, alat tulis dan peralatan yang digunakan untuk analisis sifat fisik tanah yang ada di laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Bahan yang digunakan adalah tanah yang diambil pada kedalaman 0-20 cm, dan bahan-bahan untuk analisis sifat fisik tanah.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan dan analisis laboratorium dengan tahapan sebagai berikut : (1) Persiapan, (2) Pra Survei, (3) Survei lapangan, (4) Penentuan Plot Pengamatan, (5) Pengambilan sampel tanah.

1. Persiapan

Tahapan persiapan meliputi mempersiapkan alat dan bahan yang akan diperlukan dalam pelaksanaan survei lapangan, pengumpulan data yang meliputi studi pustaka dari data sekunder, kemudian mempersiapkan perijinan yang dilakukan kepada instansi terkait dengan mengajukan surat perijinan resmi dari instansi yang bersangkutan.

2. Pra Survei

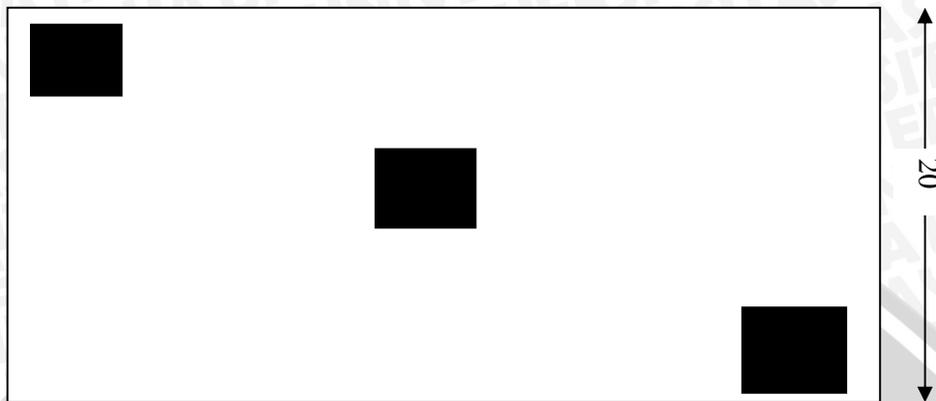
Pra Survei dilakukan untuk melihat secara langsung kondisi aktual lahan penelitian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui budidaya tanaman cabai dengan berbagai pengelolaan lahan tumpangsari, semi organik dan anorganik di lokasi penelitian. Selain itu dalam pra survei juga melakukan observasi awal daerah pengamatan, pengecekan lokasi titik pengamatan dan aksesibilitas wilayah. Tahap ini memegang peranan yang sangat penting karena merupakan pedoman awal sebelum survei lapangan utama dilaksanakan.

3. Survei lapangan

Dari hasil survei awal tersebut dapat ditentukan plot pengamatan. Penentuan plot pengamatan dilakukan berdasarkan metode survei lapangan. Setelah mengetahui plot pengamatan maka selanjutnya dapat ditentukan titik-titik pengamatan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui titik pengamatan pengelolaan tanaman cabai secara langsung dilapangan. Penentuan titik pengamatan didapatkan berdasarkan perbedaan pengelolaan lahan. Pengelolaan yang didapat di daerah penelitian yaitu tumpangsari, semi organik dan anorganik. Setelah didapat pengelolaan lahan yang berbeda selanjutnya penentuan titik pengamatan berdasarkan kelerengan, bentuk lahan dan ketinggian tempat yang sama.

4. Penentuan Plot Pengamatan

Penentuan plot pengamatan dan pengambilan contoh tanah ditentukan berdasarkan masing-masing pengelolaan lahan. Satu pengelolaan lahan terdapat satu plot, masing-masing plot terdapat 3 titik pengambilan sampel tanah secara acak pada kedalaman 0-20 cm.



Keterangan:  Petak tempat Pengambilan Contoh Tanah (3 tanaman \times tanaman)

Gambar 1. Petak Pengambilan Contoh Tanah

Pengamatan dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda berdasarkan sistem pengelolaan lahan cabai, yaitu : Cabai tumpangsari (CC), Cabai semi organik (CSO), Cabai an-organik (CAO). Setelah tiap-tiap plot telah ditentukan, selanjutnya dilakukan pengamatan, pengukuran, dan pengambilan contoh untuk pengukuran bobot isi, bobot jenis, kadar air, tekstur, kemantapan agregat tanah, C-organik dan permeabilitas (KHJ).

5. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan contoh tanah merupakan bagian yang terpenting dalam penelitian tanah khususnya dalam kegiatan survei tanah. Contoh tanah yang di ambil harus dapat mewakili satuan-satuan tanah. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengambilan contoh tanah utuh yang di ambil menggunakan ring dan dengan mengambil contoh tanah diambil dalam bentuk contoh tanah agregat.

- Contoh tanah diambil dalam bentuk contoh tanah agregat pada kedalaman 0-20 cm untuk pengamatan bobot jenis, tekstur, kemantapan agregat tanah. Agregat dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah dilubangi agar tidak berkeringat dan selanjutnya dipersiapkan untuk analisis sifat fisik tanah.
- Pengambilan contoh tanah dengan menggunakan ring pada kedalaman kedalaman 0-20 cm untuk pengamatan bobot isi tanah dan permeabilitas (KHJ). Ring harus

benar-benar utuh terisi tanah dan tidak boleh berlubang, apabila terdapat akar tanaman yang sudah mati maka sampel tanah dalam ring harus diganti, hal ini mempengaruhi nilai permeabilitas dan bobot isi tanah sehingga data yang diperoleh tidak akurat.

3.4. Analisis Karakteristik Tanah

Dalam penelitian kajian sifat fisik tanah dibutuhkan parameter sebagai indikator adanya perubahan sifat fisik tanah. Analisis sifat fisik tanah akan dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah, sedangkan untuk analisis kimia tanah akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah, Universitas Brawijaya, dengan metode yang sesuai yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 1. Analisis Parameter Tanah

Parameter Pengamatan	Metode/ Alat/ Eksrak
Bobot isi tanah	Silinder/ Ring
Bobot jenis	Piknometer
Porositas tanah	$1 - BI/BJ \times 100\%$
Kemantapan Agregat KHJ	Ayakan basah
Tekstur tanah	Constant head
Ketahanan Penetrasi	Pipet
Kadar Air	Penetrometer
pF 2,5 dan pF 4,2	Gravimetri
Distribusi pori	Sand box dan Pressure plate
C-organik	kurva pF
	Walkey-Black

Sumber : (Utomo, 1995).

3.5. Analisis Data

Analisa statistik digunakan untuk melihat pengaruh pengelolaan lahan terhadap sifat fisik tanah dan produksi tanaman cabai menggunakan perangkat lunak SPSS 16 *for windows*. Analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

a. Analisis Ragam (Uji-F)

Uji-F digunakan untuk mengetahui pengaruh pengelolaan terhadap sifat fisik tanah. Tujuan dilakukan uji-F adalah untuk mengetahui perbedaan semua variabel sifat-sifat tanah yang diakibatkan oleh perbedaan pengelolaan lahan tanaman cabai.

Formula tabel analisis ragamnya adalah:

Sumber ragam (SK)	Jumlah kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	F(hitung)
Perlakuan (K)	JKK	dbK	KTK = JKK/dbK	Fhit. = KTK/KTG
Galat (G)	JKG	dbG	KTG =JKG/dbG	
Total (T)	JKT	dbT		

Keterangan: JKK: Jumlah kuadrat untuk nilai tengah kolom; JKT: Jumlah kuadrat total; JKG: Jumlah kuadrat galat(error)

F_{hitung} hasil perhitungan ini dibandingkan dengan F_{tabel} yang diperoleh dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% atau dengan derajat bebas = n-k-1 dengan kriteria sebagai berikut:

Ho ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Ho diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$

Apabila hasil analisis keragaman menunjukkan adanya keragaman yang nyata antar perlakuan pengelolaan lahan cabai, dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0.05.

BNT pada taraf nyata α adalah:

$$NP \ BNT_{\alpha} = t_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{(2 \text{ KT Galat})}{r}}$$

Keterangan: KT galat: Kuadrat Tengah Galat; r = ulangan

Nilai t_{α} dilihat pada tabel t dengan menggunakan derajat bebas galat dan α yang digunakan. Untuk menilai apakah dua nilai tengah perlakuan berbeda secara statistika, maka bandingkan dengan selisih (beda) dua nilai tengah perlakuan tersebut dengan nilai BNT. Jika beda dua nilai tengah > nilai BNT , maka dua nilai tengah



dikatakan berbeda secara nyata pada taraf α , sebaliknya jika beda dua nilai tengah \leq nilai NP BNT, maka dua nilai tengah dikatakan tidak berbeda nyata.

b. Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter sifat fisik tanah terhadap pengelolaan lahan. Pada penelitian ini menggunakan Analisis Korelasi Parsial (*Pearson Product Moment*). Teknik ini digunakan untuk mencari hubungan dan membuktikan hipotesis hubungan dua variabel bila data kedua variabel berbentuk interval atau rasio, dan sumber data dari dua variabel atau lebih tersebut adalah sama. Rumus koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Dengan mengetahui koefisien korelasi antara masing-masing variabel X dan Y maka dapat ditentukan koefisien determinasi untuk mengetahui besarnya pengaruh yang ditimbulkan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat. Nilai koefisien korelasi harus terdapat batas-batas $-1 < r < 1$. Bila r mendekati -1 atau 1 , maka dapat dikatakan bahwa ada hubungan yang erat antara variabel bebas dan variabel terikat. Bila r mendekati 0 , maka dapat dikatakan bahwa hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sangat rendah atau bahkan tidak ada.

Selanjutnya dilakukan uji t (pengujian secara parsial) yang bertujuan untuk mengetahui signifikan peran secara parsial antara variabel independen terhadap variabel dependen dengan mengasumsikan bahwa variabel independen lain dianggap konstan (Sugiyono, 2010). Merumuskan uji t sebagai berikut:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Keterangan: t = Distribusi t; n = banyaknya data, r = koefisien korelasi, r^2 = koefisien determinasi.

Nilai t hasil perhitungan ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai t_{table} dengan menggunakan $\alpha=0,05$.

c. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel sifat fisik tanah. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari hubungan antar variabel yang akan di amati dan faktor apa saja yang mempengaruhi variabel tersebut. Analisis regresi yang digunakan pada penelitian ini yaitu regresi linier sederhana. Menurut Moh. Nazir (2003) analisis regresi sederhana adalah “analisis yang menyangkut sebuah variabel independen dan sebuah variabel dependen.” Regresi linear sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Persamaan umum regresi sederhana menurut Sugiyono (2010) adalah:

Model Persamaan Regresi Linear Sederhana adalah seperti berikut ini :

$$Y = a + bX$$

Dimana : Y = Variabel response atau variabel akibat (Dependent); X = Variabel predictor atau variabel penyebab (Independent); a = konstanta; b = koefisien regresi; besaran response yang ditimbulkan oleh prediktor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan Rumus dibawah ini:

$$\alpha = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\beta = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

dimana: X = Variabel bebas X , Y = Variabel tidak bebas Y , α = konstante, β = Koefisien regresi, n = banyaknya sampel.

Selanjutnya dilakukan analisis ragam regresi dan pengujian koefisien regresi dengan langkah-langkah seperti berikut:

Setelah diperoleh persamaan garis regresi, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian apakah persamaan tersebut signifikan serta linier atau tidak. Untuk itu terlebih dahulu dicari jumlah kuadrat untuk masing-masing sumber ragam :

Jumlah kuadrat :

$$\begin{aligned} \text{JKT (Jumlah kuadrat total)} &= \sum Y^2 \\ \text{JK (Jumlah kuadrat) (a)} &= \frac{(\sum Y)^2}{N} \\ \text{JK (R) (Jumlah kuadrat total direduksi)} &= \text{JKT} - \text{JK (a)} \\ \text{JK (Jumlah kuadrat) (b)} &= b \sum xy \\ \text{JKS (Jumlah kuadrat sisa)} &= \text{JKR} - \text{JK (b)} \\ \text{JK (G) (Jumlah kuadrat Galat)} &= \sum (\sum Y_k^2) \\ \text{JK (TC) (Jumlah kuadrat tuna cocok)} &= \text{JKS} - \text{JKG} \end{aligned}$$

Sidik Ragam (Anova) Regresi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F hitung (F _{hit})	F tabel	
					5%	1%
Regresi	P = 1	$b_1 \sum Y_i X_i$ atau $(b_1 \text{JKH XY})$	JK Reg/p = KT Reg	$\frac{\text{KT Regresi}}{\text{KT Galat}}$	Lihat tabel F	
Residual Galat	n-p-1	JK Galat	$\frac{\text{JK Galat}}{n-p-1}$ KT Galat			
Total	n-1	$\sum Y_i^2 = \text{JK Total}$ = JK Y				

n = Jumlah sampel (pasangan pengamatan) dan p jumlah variabel bebas X

F-hitung disimbolkan dengan F_{hit} ini diartikan bahwa dalam pengujian F akan dibuktikan suatu hipotesis nol (H₀) : F_{hit} = 0 dan H₁ : F_{hit} > 0
Kemudian F-hitung dibandingkan dengan F-tabel yang biasa ditulis dengan:

F_{hitung} ≈ F_{tabel}
(Dimana F_{tabel} = F(a,p,n-2) dan a = taraf nyata

Kriteria pengujian nilai F_{hit} adalah:

1. Jika F_{hit} ≤ F(tabel 5%). Hal ini berarti bahwa garis regresi penduga (Ŷ) linier sederhana yang didapat tersebut bukan garis regresi yang terbaik untuk menghampiri pasangan pengamatan X,Y. atau dapat dikatakan ini berarti



bahwa terdapat hubungan bukan linier pada pasangan pengamatan X,Y tersebut.

2. Jika $F_{hit} > F(\text{tabel } 5\%)$. Hal ini berarti bahwa terdapat hubungan linier antara pengaruh X terhadap Y. Atau dapat dikatakan bahwa garis regresi penduga (\hat{Y}) linier sederhana yang didapat tersebut adalah garis regresi penduga yang terbaik untuk menghampiri pasangan pengamatan X,Y.

Selanjutnya dilakukan Uji signifikan koefisien regresi (b_i). Pengujian yang dilakukan dengan uji F seperti di atas, dapat memberikan petunjuk apakah setiap variabel X menunjukkan pengaruh atau hubungan yang nyata terhadap variabel Y. Jika uji-F atau uji ragam regresi menunjukkan bahwa $F_{hit} > F(\text{tabel } 5\%)$ barulah dilanjutkan dengan uji koefisien regresi (uji-t)

d. Analisis Jalur (Sidik Lintas)

Analisis jalur bertujuan mempelajari apakah hubungan yang terjadi disebabkan oleh pengaruh langsung dan tidak langsung dari variabel independen terhadap variabel dependen, mempelajari ketergantungan sejumlah variabel dalam suatu model (model kausal), dan menganalisis hubungan antar variabel dari model kausal yang telah dirumuskan oleh peneliti atas dasar pertimbangan teoritis (Ferdinand, 2006). Melalui analisis jalur kita akan menguji seperangkat hipotesis kausal dan menginterpretasikan hubungan tersebut (langsung atau tidak langsung).

Pada saat menggambarkan diagram jalur ada beberapa perjanjian :

1. Hubungan antar variabel digambarkan oleh anak panah yang bisa berkepala tunggal (\rightarrow) atau *single headed arrow*, dan berkepala dua (\leftrightarrow) atau *double headed arrow*.
2. Panah berkepala satu menunjukkan **pengaruh** dari sebuah variabel eksogen terhadap sebuah variabel endogen. Misalkan :

$$X_1 \longrightarrow X_2$$

3. Panah berkepala dua menggambarkan **hubungan korelatif** antar variabel eksogen. Misalkan :

$$X_1 \longleftrightarrow X_2$$

4. Tidak mungkin dapat diisolasi hubungan pengaruh secara murni, artinya bahwa sesuatu kejadian banyak sekali yang mempengaruhinya, tetapi pada *conceptual framework* hanya dapat digambarkan beberapa pengaruh yang dapat diamati.

Variabel lainnya yang tidak digambarkan (tidak diukur) diperlihatkan oleh suatu variabel tertentu yang disebut residu dan diberi simbol dengan ε .

Contoh :

(1)

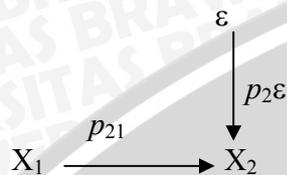
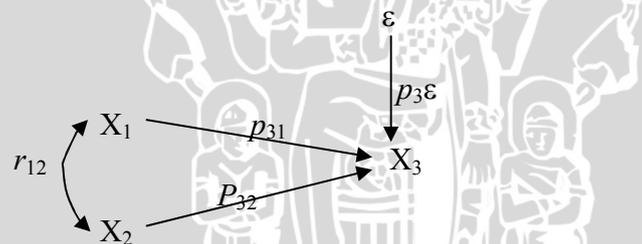


Diagram jalur ini adalah diagram jalur yang paling sederhana. Besarnya pengaruh langsung dari X_1 ke X_2 diperlihatkan oleh koefisien jalur (*path coefficient*, p). Apabila diagram jalur sederhana seperti ini yaitu variabel eksogen hanya satu, maka $p_{21} = r_{21}$

(2) Contoh diagram jalur yang melibatkan hubungan korelatif :

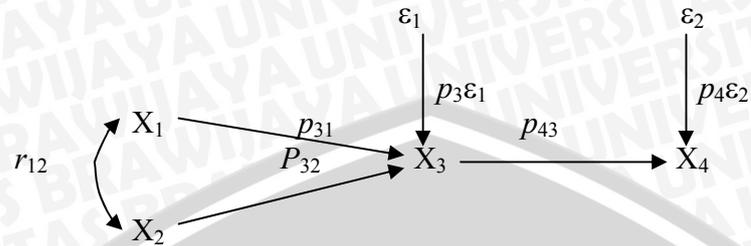


X_1 dan X_2 merupakan dua buah variabel eksogen yang satu dengan yang lainnya mempunyai kaitan korelatif. Secara bersama-sama X_1 dan X_2 mempengaruhi X_3 .

(3) Penelitian mengenai hubungan kausal melibatkan empat buah variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 . Menurut teori, hubungan struktural antara variabel-variabel tersebut adalah :

- (a) X_3 dipengaruhi oleh X_1 dan X_2
- (b) antara X_1 dan X_2 terdapat hubungan korelatif
- (c) X_4 dipengaruhi oleh X_3 .

Diagram jalur dari hubungan variabel-variabel tersebut adalah :

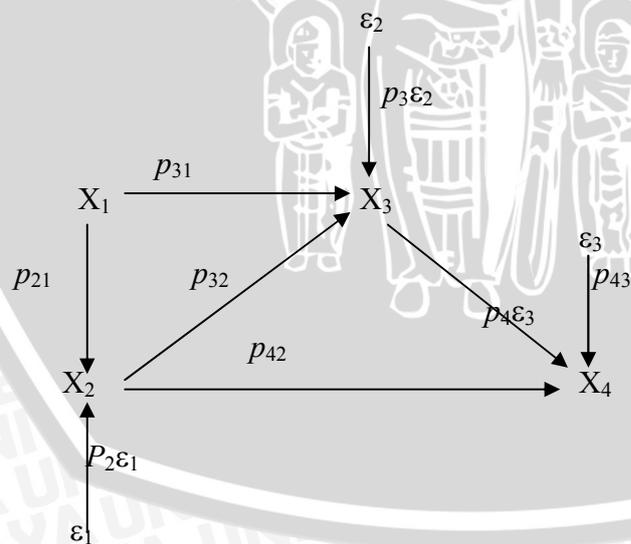


(4) Contoh diagram jalur yang tidak melibatkan kaitan korelatif :

Seorang peneliti mempunyai empat variabel X_1 , X_2 , X_3 dan X_4 yang menurut kerangka konseptual terdapat hubungan sebagai berikut :

- a) X_2 dipengaruhi oleh X_1
- b) X_3 dipengaruhi oleh X_1 dan X_2
- c) X_4 dipengaruhi oleh X_3 dan X_2

Hubungan antar variabel dapat dinyatakan dalam diagram jalur sebagai berikut:



Langkah-langkah menguji analisis jalur sebagai berikut (Kuncoro, 2008) :

1. Merumuskan hipotesis dan persamaan struktural



Model regresinya : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$

Dalam analisis jalur ini digunakan X baik sebagai variabel eksogen maupun endogen, untuk itu variabel Y dapat diganti dengan X_3 , sehingga model regresi di atas menjadi :

$$X_3 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

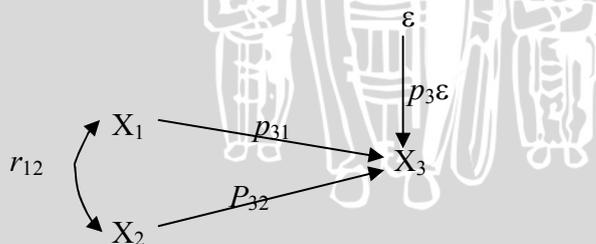
Jika semua data pengamatan ditransformasi ke dalam angka baku, artinya :

$$(4) \dots Z_{ij} = \frac{\bar{x}_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

maka model menjadi:

$$X_3 = p_{31} X_1 + p_{32} X_2 + \varepsilon$$

dimana p_{31} dan p_{32} adalah koefisien-koefisien jalur yaitu sama dengan koefisien-koefisien regresi untuk variabel yang dibakukan. Persamaannya disebut Persamaan Struktural. Secara struktural model ini dapat digambarkan dalam diagram jalur sebagai berikut :



2. Pengujian keseluruhan hipotesis statistik dirumuskan sebagai berikut:

Hipotesis statistik dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0: PYX_1 = PYX_2 = \dots \dots \dots PYX_k = 0$$

$$H_1: PYX_1 = PYX_2 = \dots \dots \dots PYX_k \neq 0$$

a. Kaidah pengujian signifikan secara manual : menggunakan Tabel F



$$F = \frac{(n-k-1)R^2_{yxk}}{k(1-R^2_{yxk})}$$

\Keterangan : n = Jumlah sampel , k = Jumlah variabel eksogen.

$$R^2_{yxk} = R_{\text{square}}$$

Dengan taraf signifikan (α) = 0,05

Mencari nilai F_{tabel} menggunakan Tabel F dengan rumus:

$$F_{\text{tabel}} = F \{(1 - \alpha)(dk=k), (dk=n-k-1)\}$$

Jika $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$, maka tolak H_0 artinya signifikan dan $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$, terima H_0 artinya tidak signifikan.

b. Kaidah pengujian signifikan

3. Menghitung koefisien jalur secara individu

Hipotesis penelitian yang akan diuji dirumuskan menjadi hipotesis statistik berikut:

$$H_1 : \beta_{yxk} > 0$$

$$H_0 : \beta_{yxk} = 0$$

Secara individual uji statistik yang digunakan adalah uji t yang dihitung dengan rumus (Ridwan dan Kuncoro, 2008):

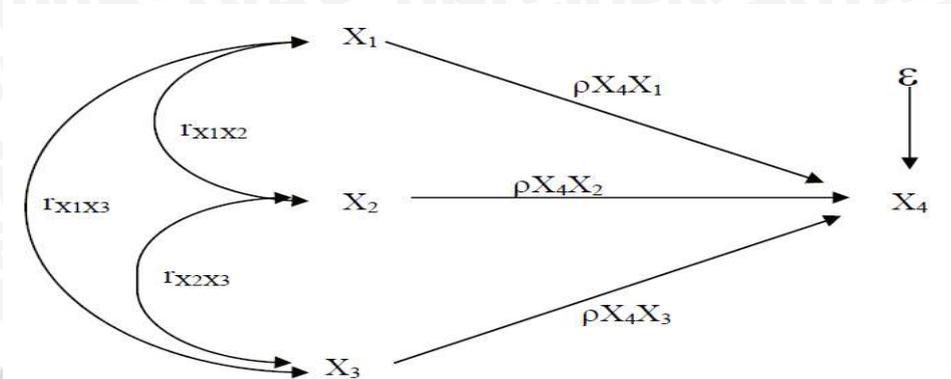
$$t_k = \frac{\beta_{xi}}{se_{\beta k}}; (dk = n-k-1)$$

dimana: β_{xi} = koefisien regresi dari variabel X_i ; $se_{\beta k}$ = standard error koefisien regresi.

4. Mencari besarnya kontribusi bersama atau koefisien determinasi (KD) dengan mengalikan R_{square} dengan 100%.

5. Meringkas dan menyimpulkan.

Berikut contoh model analisis path (analisis jalur):



Model jalur di atas menunjukkan hubungan struktural antara X_1 , X_2 , X_3 dan X_4 . Diagram jalur hanya terdiri dari sebuah substruktur (yang juga merupakan struktur lengkapnya), yang berisi tiga buah variabel eksogen X_1 , X_2 , X_3 dan sebuah variabel endogen, yaitu X_4 , persamaan struktural untuk diagram jalur diatas adalah

$$X_4 = \rho_{X_4X_1}X_1 + \rho_{X_4X_2}X_2 + \rho_{X_4X_3}X_3 + \epsilon .$$

Keterangan : X_4 = Produksi tanaman cabai; $X_1, 2, 3$: Parameter sifat sifik tanah

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Fisik Tanah

Pengaruh dari pengelolaan lahan yang berbeda menyebabkan terjadinya perbedaan sifat fisik tanah yang terbentuk. Demikian juga pengelolaan lahan yang ada di desa Bocek, Karangpoloso, yaitu tumpangsari, semi organik dan anorganik. Tanah yang terbentuk dari hasil deskripsi dan klasifikasi profil tanah dilapangan masuk kedalam ordo inceptisol. Pengaruh pengelolaan lahan berupa pemupukan dan tanaman kacang tanah akan mempengaruhi sifat fisik tanah (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Perhitungan Sifat Fisik Tanah

Kode	BI	BJ	KHJ	porositas	indek DMR	Penetrasi	C-Organik	Tekstur		
	g cm ⁻³	cm jam ⁻¹	cm	%	mm	Nm ⁻²	(%)	Pasir %	Debu %	Liat %
CAO	1,31	2,39	4,64	45,14	0,64	1,58	1,12	24	40	36
CSO	1,25	2,31	5,73	46,94	0,76	1,38	2,06	29	37	34
CC	0,99	2,20	10,05	52,72	1,13	1,18	2,36	61	18	21

Keterangan : BI: Bobot isi ; BJ : Bobot jenis ; KHJ: Konduktivitas hidrolis jenuh ; Indek DMR: Kemantapan agregat, CAO: Cabai Anorganik; CSO: Cabai Semi Organik; CC: Cabai Tumpangsari

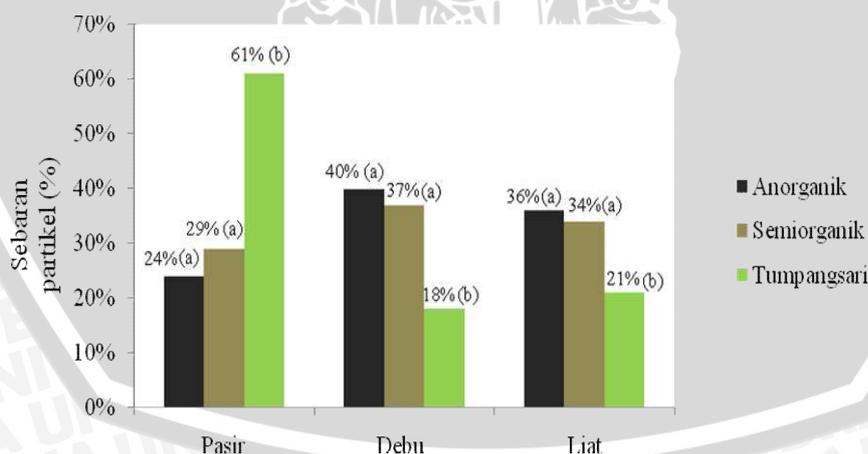
Berdasarkan Tabel 2 di atas diketahui hasil sifat fisik yang berbeda-beda. Perbedaan analisis tersebut dipengaruhi oleh pengelolaan lahan cabai yang berbeda. Berikut akan dijelaskan lebih lanjut hasil analisis dari sifat fisik tanah :

4.1.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah pada pengelolaan lahan tumpangsari berkisar antara lempung liat berpasir dan lempung. Sedangkan Pada pengelolaan lahan semi organik dan anorganik bertekstur lempung berliat (Lampiran 5). Tekstur pada pengelolaan lahan tersebut menunjukkan berbeda nyata pada persentase pasir karena pengelolaan lahan berpengaruh terhadap perubahan tekstur tanah. Hasil uji BNT 5% masing-masing fraksi tekstur (pasir, debu dan liat) menunjukkan berbeda nyata pada persentase pasir di pengelolaan lahan cabai tumpangsari sedangkan pada pengelolaan lahan cabai

anorganik dan semi organik tidak berbeda nyata. Pada lahan tumpangsari, persentase pasir 61%, debu 18% dan liat 21%, lahan semi organik persentase pasir 29%, debu 37% dan liat 34%. Sedangkan pada lahan anorganik persentase pasir 24%, debu 40% dan liat 36% (Gambar 2).

Menurut Tambunan (2008), tanah yang didominasi pasir akan banyak mempunyai pori-pori makro disebut lebih *poreus*, tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (agak *poreus*) sedangkan yang didominasi liat akan banyak mempunyai pori-pori mikro (agak *poreus*). Semakin *poreus* tanah akan makin mudah akar untuk berpenetrasi, serta makin mudah air dan udara untuk bersirkulasi, tetapi makin mudah pula air untuk hilang dari tanah, dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dengan tekstur tanah yang mengandung banyak liat dengan tidak adanya penambahan bahan organik menyebabkan struktur tanah menjadi padat. Sebaliknya tekstur tanah yang didominasi oleh pasir dengan adanya penambahan bahan organik yang mengakibatkan tanah menjadi subur. Tanah yang subur diakibatkan adanya penambahan bahan organik tanah dari pupuk organik dan tanaman sela kacang tanah. Selain digunakan untuk tanaman sela, kacang tanah juga digunakan sebagai bahan kompos yang dipupukkan ke lahan tersebut.



Gambar 2. Perbedaan Tekstur Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

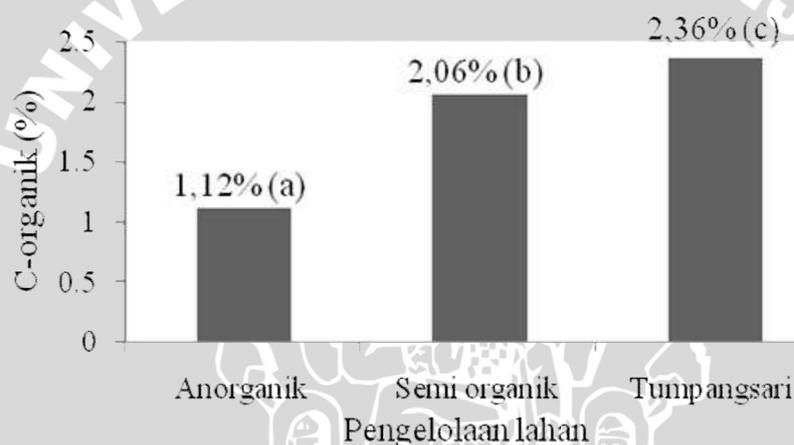
4.1.2. C-Organik Tanah

C-Organik pada lahan tumpangsari 2,36 % , pada lahan semi organik 2,06 % , sedangkan pada lahan anorganik 1,12 % (Gambar 3). Pengelolaan lahan tumpangsari mempunyai kandungan C-Organik tertinggi dibanding pengelolaan lahan yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada lahan tumpangsari terdapat tanaman penutup tanah berupa *Arachis hypogaea* L.. Selain sebagai tanaman penutup tanah, *Arachis hypogaea* L. yang sudah panen nantinya dikembalikan lagi ke lahan tersebut. Bahan organik tanah memainkan peran utama dalam pembentukan agregat dan struktur tanah yang baik, sehingga secara tidak langsung akan memperbaiki kondisi fisik tanah (Cahyonoagus, 2008).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada ketiga pengelolaan lahan (Lampiran 6). Berdasarkan uji BNT 5% (Lampiran 7) diperoleh notasi yang berbeda pada tiap perlakuan. *Arachis hypogaea* L. mampu menahan atau mengurangi daya perusak butir-butir hujan yang jatuh dan aliran air di atas permukaan tanah. Tanaman ini juga menambah bahan organik tanah melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh dan juga menambah unsur hara tanah melalui kemampuannya mengikat nitrogen dari udara. Oleh karenanya, seresah *Arachis hypogaea* L. tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan dispersi air hujan, mengurangi jumlah serta kecepatan aliran permukaan dan memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga mengurangi erosi. Hal ini sesuai dengan penelitian Suriadi *et al.* (2005), bahan organik mampu memperbaiki sifat fisik tanah, yaitu menurunkan berat volume tanah, meningkatkan permeabilitas, menggemburkan tanah, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan stabilitas agregat, meningkatkan kemampuan tanah memegang air, menjaga kelembaban dan suhu tanah, mengurangi energi kinetik langsung air hujan, mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah.

Pengelolaan lahan semi organik berada pada urutan kedua karena pada lahan ini tidak ada tanaman penutup tanah, hanya mendapat masukan bahan organik dari pemupukan saja, yaitu berupa kompos dan pupuk anorganik sehingga ada kemungkinan saat musim kemarau terjadi penguapan dan saat musim penghujan ikut tererosi akibat terbawa aliran air.

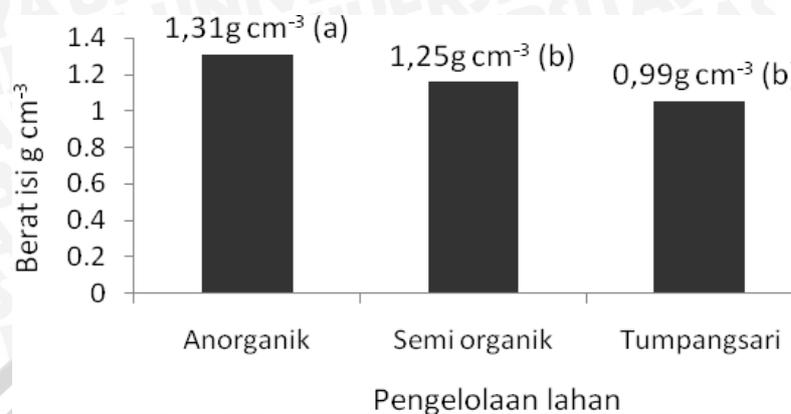
Sedangkan pengelolaan lahan anorganik tidak adanya masukan bahan organik, hanya berasal dari pupuk anorganik. Pengaruh pupuk anorganik pada tanah dapat memberikan dampak negatif bila dilakukan secara terus menerus karena dapat berakibat negatif karena tanah akan semakin mengeras yang mengakibatkan penurunan porositas tanah yang berakibat ketersediaan oksigen bagi tanaman maupun mikrobia tanah menjadi sangat berkurang dan perkembangan mikroorganisme di dalam tanah banyak yang mati sehingga mikroorganisme tersebut tidak lagi dapat menguraikan bahan organik di dalam tanah.



Gambar 3. C-Organik Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

4.1.3. Bobot Isi (BI) Tanah

Bobot isi menunjukkan perbandingan antara bobot tanah kering dengan volume tanah termasuk pori-pori tanah. Semakin tinggi nilai bobot isi, makin padat tanahnya sehingga sulit untuk menembus air atau ditembus akar sehingga kadar air tanah akan berkurang (Setiawan, 2004). Bobot isi tanah pada lahan tumpangsari $0,99 \text{ g cm}^{-3}$, lahan semi organik $1,25 \text{ g cm}^{-3}$, sedangkan untuk lahan anorganik $1,31 \text{ g cm}^{-3}$ (Gambar 4).



Gambar 4. Bobot Isi pada Tiga Pengelolaan Lahan Cabai.

Berdasarkan uji BNT 5%, lahan semi organik dan tumpangsari tidak berbeda nyata, namun pada lahan anorganik berbeda nyata. Pada pengelolaan lahan tumpangsari dan semi organik mempunyai bobot isi lebih rendah dibandingkan dengan anorganik karena pada kedua lahan tersebut diberikan pupuk organik berupa kompos. Penambahan kompos dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah karena bahan organik digunakan oleh mikroorganisme tanah sebagai penyusun tubuh dan sumber energinya. Hal ini sesuai dengan penelitian Sultani *et al.* (2007), aplikasi pupuk kandang dengan PR atau SP36 mengurangi bobot volume tanah oleh 13,3-20,0% tetapi penerapan SP36 dan PR tanpa pupuk kandang menunjukkan sedikit efek positif dalam mengurangi bobot isi tanah. Thamrin (2000) dalam Mariana (2006), juga menambahkan bahwa bahan organik bersifat porus, ketika diberikan ke dalam tanah akan menciptakan ruang pori di dalam tanah sehingga bobot isi tanah menjadi turun. Ruang pori tanah yang stabil memudahkan air mengalir ke bawah dan diserap oleh matriks tanah sehingga kemampuan tanah menahan air dapat meningkat.

Bobot isi tertinggi pada lahan anorganik, hal ini disebabkan karena penggunaan pupuk anorganik yang secara terus-menerus dan kadar bahan organik terus merosot karena tidak ada penambahan. Pengaruh pupuk anorganik bagi lingkungan khususnya pada tanah dapat memberikan dampak negatif bila dilakukan secara terus menerus. Hal ini dapat mengakibatkan perkembangan mikroorganisme di

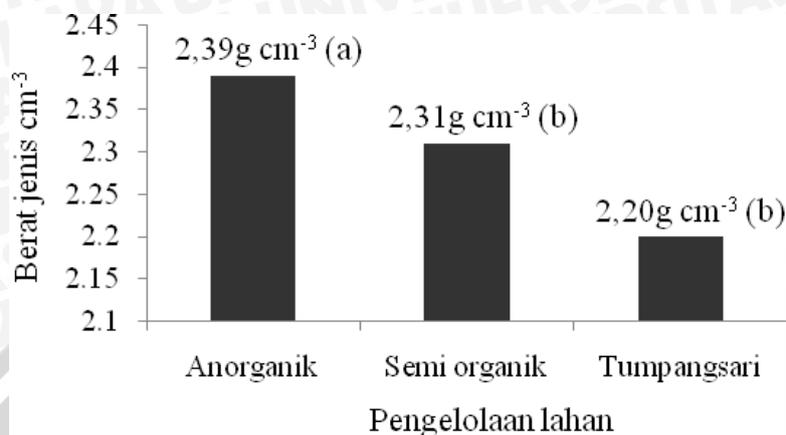
dalam tanah banyak yang mati sehingga mikroorganisme tersebut tidak lagi dapat menguraikan bahan organik di dalam tanah. Sisa-sisa pupuk yang tidak terserap oleh akar tanaman akan terakumulasi di dalam tanah dan mempengaruhi kondisi tanah menjadi mengeras, dan bergumpal.

Berdasarkan Deptan (2005), menyatakan bahwa peningkatan bobot isi oleh pupuk anorganik diduga karena pupuk anorganik mengandung unsur-unsur yang tidak diperlukan oleh mikroorganisme tanah, sehingga aktivitas mikroorganisme berkurang yang menyebabkan perekat butiran-butiran tanah seperti getah yang berguna untuk membentuk agregat-agregat tanah. Selain itu, curah hujan yang tinggi juga meningkatkan kadar air dalam tanah, sehingga melewati batas merekat dari tanah tersebut. Barzergar *et al.* (2002) juga menambahkan bahwa dari jenis bahan organik yang berbeda (pupuk kandang, kompos biogas dan jerami gandum) akan menurun bobot isi tanah di pertumbuhan gandum.

4.1.4. Bobot Jenis (BJ) Tanah

Bobot jenis merupakan perbandingan antara massa total fase padat tanah dan volume fase padat, tidak termasuk volume pori-porinya. Jadi bobot jenis tidak sama dengan bobot isi. Penentuan bobot jenis penting dalam menentukan laju sedimentasi, pergerakan partikel oleh air, angin serta perhitungan ruang oleh pori tanah.

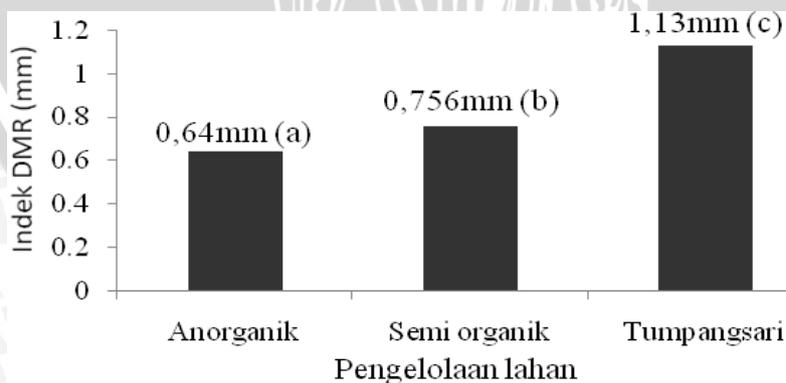
Berdasarkan uji BNT 5%, lahan semi organik dan tumpangsari tidak berbeda nyata, namun pada lahan anorganik berbeda nyata (Lampiran 6). Nilai bobot jenis pada lahan tumpangsari berkisar $2,20 \text{ g cm}^{-3}$, lahan semi organik $2,31 \text{ g cm}^{-3}$, sedangkan lahan anorganik $2,39 \text{ g cm}^{-3}$ (Gambar 5). Lahan anorganik mempunyai bobot jenis paling tinggi karena kandungan bahan organiknya paling rendah. Hal ini sesuai dengan Juo dan Franzluebbbers (2003) bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik yang diberikan ke dalam tanah, bobot jenis tanah akan semakin rendah. Jika suatu lahan di atasnya terdapat tanaman penutup tanah dan mendapat masukan bahan organik berupa kompos, maka akan mempunyai bobot jenis yang lebih rendah daripada tanah yang terbuka. Rahardjo (2001) juga menambahkan, semakin banyak kandungan bahan organik tanah, menyebabkan semakin rendahnya bobot jenis tanah.



Gambar 5. Bobot Jenis Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

4.1.5. Kemantapan Agregat (DMR)

Agregasi tanah yang baik nampak pada tanah yang remah dengan granulasi yang stabil sehingga tidak mudah terpecah. Tanah dengan agregasi yang baik mempunyai daya serap air permukaan yang lebih besar, aerasi yang lebih baik, dan kapasitas menahan air lebih besar dibanding tanah yang agregasinya kurang baik. Berdasarkan hasil penelitian kemantapan agregat pada lahan tumpangsari antara lain 1,13 mm (sangat stabil), semi organik 0,756 mm (stabil), sedangkan pada lahan anorganik 0,64 mm (agak stabil) (Gambar 6).



Gambar 6. Indeks DMR Pada Berbagai Pengelolaan Lahan

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada ketiga pengelolaan lahan. Berdasarkan uji BNT 5% diperoleh notasi yang berbeda pada tiap perlakuan (Lampiran 6). Pengelolaan lahan tumpangsari mempunyai nilai DMR tertinggi karena kandungan bahan organiknya lebih tinggi dibanding lahan yang lainnya.

Aplikasi bahan organik mampu meningkatkan nilai kemantapan agregat. Bahan organik yang ditambahkan ke tanah mengalami proses dekomposisi dan menghasilkan substansi organik yang berperan sebagai “perekat” dalam proses agregasi tanah. Humus mempunyai gugus fungsional yang bermuatan negatif dan dapat berikatan dengan partikel tanah yang bermuatan positif, membentuk agregat tanah dan menjadikan agregat tanah menjadi semakin mantap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tisdall dan Oades, 1982; Bronick dan Lal (2005) bahwa proses agregasi tanah dan stabilitas disebabkan karena keduanya dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti praktek pengelolaan tanah, sifat tanah dan lingkungan tanah (seperti kadar air tanah). Stabilitas agregat adalah sifat penting dari tanah yang digunakan untuk pertanian karena sering berhubungan dengan kesuburan tanah dan produktivitas agronomi (Bronick dan Lal, 2005).

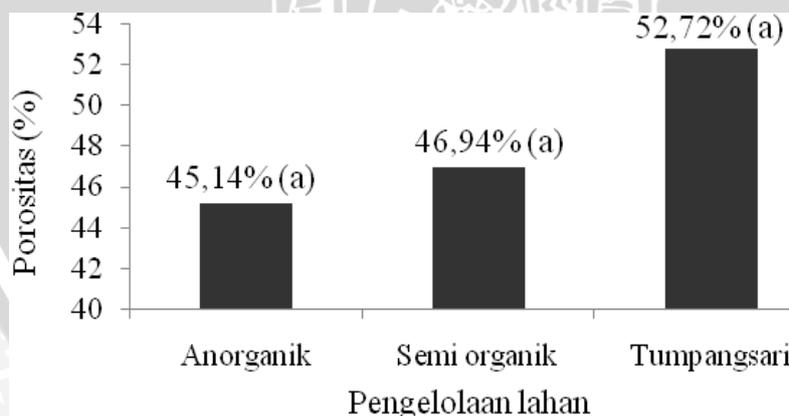
Selain itu, agregasi juga dipengaruhi oleh pengelolaan lahan. Lahan dikelola dengan tumpangsari akan mempunyai kandungan bahan organik yang lebih tinggi daripada tanah yang terbuka. Adanya bahan organik mempunyai pengaruh terhadap agregasi tanah. Salah satu peran bahan organik yaitu sebagai granulator, yaitu memperbaiki struktur tanah dan sangat penting dalam pembentukan agregat tanah yang stabil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Harjowigeno (2003) bahwa agregasi tanah bisa terbentuk karena adanya pengaruh bahan organik tanah dan agen sementasi lainnya (liat).

Pengelolaan lahan semi organik meskipun mendapat masukan bahan organik berupa kompos namun nilai DMR lebih rendah dikarenakan pada lahan semi organik tidak terdapat tanaman penutup tanah. Sehingga kemungkinan besar terjadi pengikisan tanah oleh hujan. Bahan organik yang ada di tanah tersebut ikut terbawa arus. Sedangkan pengelolaan lahan anorganik mempunyai nilai yang terendah

dibandingkan lahan yang lain. Hal ini dikarenakan pada lahan ini tidak terdapat tanaman penutup tanah maupun mendapat masukan bahan organik berupa kompos, seperti lahan yang lain. Sehingga tidak ada yang berperan sebagai granulator untuk menstabilkan tanah. Selain itu jika terjadi hujan air langsung menghantam tanah sehingga agregat menjadi pecah. Salah satu cara untuk meningkatkan agregasi dalam tanah berpasir yaitu dengan cara meningkatkan baik tanah liat dan tingkat bahan organik (Tisdall dan Oades, 1982).

4.1.6. Porositas Tanah

Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air. Porositas tanah erat kaitannya dengan tingkat *bulk density*. Semakin padat tanah berarti semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Sebaliknya semakin mudah tanah menyerap air maka tanah tersebut memiliki porositas yang besar. Berdasarkan hasil penelitian, porositas pada lahan tumpangsari termasuk dalam kategori sedang yaitu 52,72%, semi organik termasuk dalam kategori sedang yaitu 46,94%, sedangkan pada lahan anorganik juga termasuk dalam kategori sedang yaitu 45,14% (Gambar 7).



Gambar 7. Porositas Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

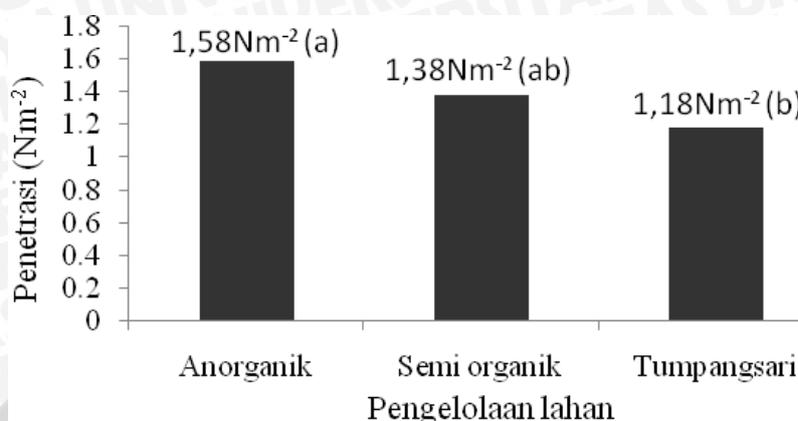
Berdasarkan uji BNT 5% menunjukkan tidak berbeda nyata antara ketiga pengelolaan lahan (Lampiran 6). Pengelolaan lahan tumpangsari memiliki porositas

lebih tinggi dibandingkan dengan pengelolaan lahan yang lain. Hal ini disebabkan oleh penambahan bahan organik berupa kompos dan adanya tanaman penutup tanah. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan hardjowigeno (2007), yang menyatakan bahwa porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah-tanah dengan struktur granuler atau remah, mempunyai porositas yang lebih tinggi dibanding tanah yang berstruktur *massive* (pejal). Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori sehingga sulit menahan air. Arvidson (1998), menyatakan bahwa menurunnya kepadatan massa tanah dengan lebih tinggi tanah liat dan bahan organik dikarenakan meningkatnya porositas tanah.

Penambahan bahan organik dalam tanah akan meningkatkan agregasi tanah sehingga sebaran butiran tanah menjadi mantap dan meningkatkan porositas tanah. Menurut Hardjowigeno (2003), porositas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur dan teksur. Bahan organik bertindak sebagai pengikat partikel tanah, apabila dalam jumlah besar akan menyebabkan tanah porus dan gembur, dengan demikian tanah akan lebih mudah ditembus oleh akar tanaman (Utomo, 1993). Berdasarkan penelitian Endriani *et al.* 2000 (*dalam* Baharudin, 2005) diketahui bahwa pemberian pupuk bokashi selain mampu menurunkan bobot isi tanah juga mampu menurunkan porositas total tanah dalam pemberian 10 ton/ha dari 56,95% menjadi 65,91%.

4.1.7. Ketahanan Penetrasi

Ketahanan penetrasi merupakan kombinasi dari kekuatan geser, kekuatan tegangan, dan kompresi, maka sifat tanah yang mempengaruhi komponen kekuatan tersebut juga akan berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi. Berdasarkan hasil penelitian, pengelolaan lahan tumpangsari memiliki ketahanan penetrasi $1,18 \text{ Nm}^{-2}$, lahan semi organik $1,38 \text{ Nm}^{-2}$, sedangkan lahan anorganik berkisar $1,58 \text{ Nm}^{-2}$ (Gambar 8).



Gambar 8. Ketahanan Penetrasi Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

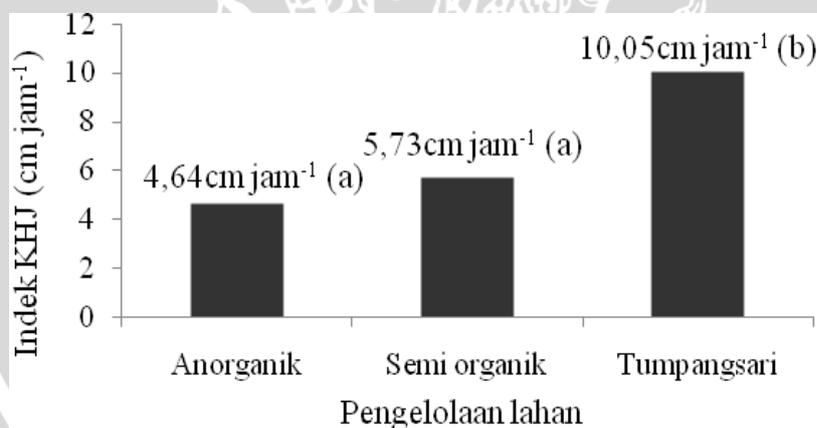
Berdasarkan uji BNT 5% menunjukkan hasil berbeda nyata antara pengelolaan lahan anorganik dan tumpangsari sedangkan pada pengelolaan lahan semi organik tidak berbeda nyata (Lampiran 6). Ketahanan penetrasi terendah terdapat pada pengelolaan lahan tumpangsari dikarenakan mempunyai porositas tertinggi dan kandungan bahan organik tertinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Utomo (1995) bahan organik bertindak sebagai pengikat partikel tanah, apabila dalam jumlah besar akan menyebabkan tanah porus dan gembur, dengan demikian tanah akan lebih mudah ditembus oleh akar tanaman.

Sedangkan ketahanan penetrasi tertinggi terdapat pada pengelolaan lahan anorganik. Hal ini dikarenakan pengaruh pupuk anorganik bagi tanah dapat memberikan dampak negatif bila dilakukan secara terus menerus mengakibatkan unsur hara yang ada didalam tanah menurun dan perkembangan mikroorganisme di dalam tanah banyak yang mati sehingga mikroorganisme tersebut tidak lagi dapat menguraikan bahan organik di dalam tanah. Selain itu, akibat penambahan pupuk anorganik mengakibatkan sisa-sisa pupuk yang tidak terserap oleh akar tanaman akan terakumulasi di dalam tanah dan mempengaruhi kondisi tanah menjadi mengeras, dan bergumpal. Bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah dan mendorong perkembangan populasi mikroorganiasme tanah. Bahan organik secara fisik mendorong granulasi, mengurangi plastisitas dan meningkatkan daya pegang air. Jika

tanahnya mengeras maka bobot isi juga semakin tinggi sehingga ketahanan penetrasi juga tinggi pula.

4.1.8. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ)

Konduktivitas hidrolik tanah jenuh merupakan kemampuan tanah untuk melewati air. Kemampuan ini berlaku pada dua kondisi, yaitu pada saat pori-pori terisi oleh air (tanah jenuh) dan ketika hanya sebagian pori-pori yang terisi oleh air (tanah tak jenuh). Berdasarkan hasil penelitian, nilai KHJ pengelolaan lahan tumpangsari $10,05 \text{ cm jam}^{-1}$ yang termasuk dalam kategori agak cepat, lahan semi organik $5,73 \text{ cm jam}^{-1}$ yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan untuk lahan anorganik $4,64 \text{ cm jam}^{-1}$ yang termasuk dalam kategori sedang (Gambar 9). Pada lahan tumpangsari KHJ lebih tinggi dari lahan lainnya karena bahan organik pada lahan tumpangsari mempunyai kandungan bahan organik lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurhidayah (2000), bahwa semakin tinggi pori efektif tanah maka KHJ semakin meningkat.



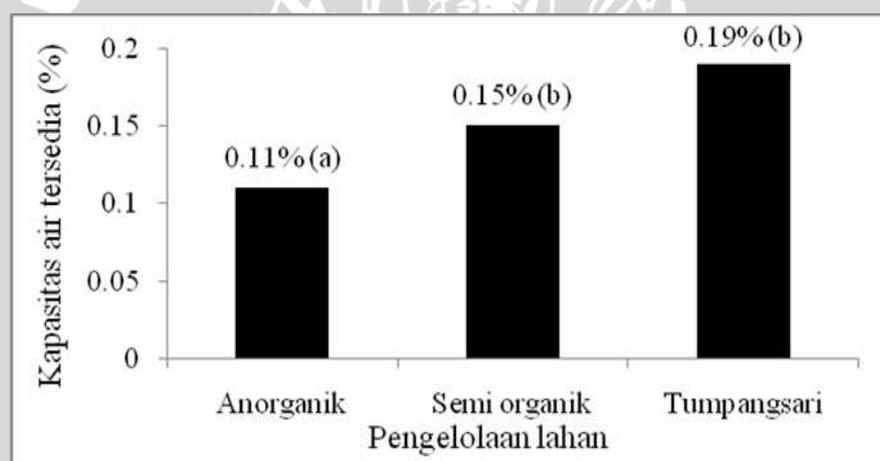
Gambar 9. KHJ Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

Berdasarkan uji BNT 5% menunjukkan berbeda nyata antara pengelolaan lahan anorganik dan semi organik terhadap pengelolaan lahan tumpangsari. KHJ yang agak cepat menunjukkan air hanya tertahan sebentar dalam tanah sehingga pencucian unsur hara juga cepat. Pergerakan air dapat dilihat dari nilai konduktivitas jenuh suatu

tanah. Porositas tanah yang besar membuat semakin besar pula kemampuan tanah melewati air. Sehingga secara langsung KHI dipengaruhi porositas tanah. Menurut Rismunandar (2001), bahwa pembedaan bahan organik akan berpengaruh terhadap kemampuan tanah memegang air. Bahan organik yang telah mengalami perombakan akan membentuk kompleks tanah koloid organik yang memperbesar daya absorpsi air dari tanah.

4.1.9. Kapasitas Air tersedia

Kapasitas air tersedia menggambarkan banyaknya air yang tersedia bagi tanaman. Kapasitas air tersedia dicari dengan jalan penentuan kadar air dalam kapasitas lapang (pF 2,5) dikurangi persentase kadar air titik layu permanen (pF 4,2). (Gambar 10).



Gambar 10. Kapasitas Air Tersedia Pada Berbagai Pengelolaan Lahan.

Semakin tinggi tekanan yang diberikan maka kadar air juga semakin rendah. Pengelolaan lahan tumpangsari mempunyai kadar air yang lebih tinggi dibanding lahan lainnya. Hal ini karena adanya penambahan bahan organik yang paling besar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rahmawati (2008) yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk kompos (seresah dedaunan dan rumput kering) dengan dosis 20 ton/ha mampu meningkatkan porositas tanah dari 39,67% menjadi 49,27% dengan persentase peningkatan 46,29%. Adanya bahan organik dalam tanah akan membantu

proses granulasi sehingga terbentuk agregat baru yang lebih mantap, meningkatkan porositas dan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang air. Porositas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur dan tekstur Hardjowigeno (2003). Hal ini dikuatkan oleh penelitian Barzergar *et al.* (2002), menunjukkan bahwa kadar air dipengaruhi oleh kandungan bahan organik. Novizan (2002) menambahkan bahwa penambahan bahan organik berupa kompos dan pupuk kandang ke dalam tanah dapat merekatkan butiran-butiran pasir dan menambah kemampuannya dalam menyimpan air dan unsur hara. Semakin tinggi bahan organik yang diberikan maka semakin tinggi pula kadar air di dalam tanah.

Lahan semi organik mempunyai kadar air yang lebih rendah daripada tumpangsari namun lebih tinggi daripada anorganik. Lahan semi organik mendapat masukan bahan organik namun tidak terdapat tanaman penutup tanah sehingga saat terjadi hujan, bahan organik akan ikut terbawa arus. Hal ini sesuai dengan penelitian Khan (2002) menyebutkan bahwa mulsa alami memiliki tingkat efektivitas penggunaan air yang tertinggi. Air yang akan menguap dari permukaan tanah akan ditanahan oleh tanaman penutup tanah dan jatuh kembali ke tanah. Maka tanah tidak akan kehilangan air akibat penguapan. Adanya air yang tersedia di lingkungan perakaran akan menyebabkan pelarutan unsur hara maupun translokasi dalam jaringan akar akan berlangsung dengan baik sehingga dapat meningkatkan hasil tanaman. Permukaan tanah yang tertutup dengan tumpangsari akan lebih lambat dibanding dengan tanah yang terbuka (Syukur, 2001). Umbroh (2002) menambahkan bahwa air tanah setebal 1,5 cm di tanah-tanah terbuka akan menguap selama 3-5 hari, sedangkan pada tumpangsari menguap 6 minggu.

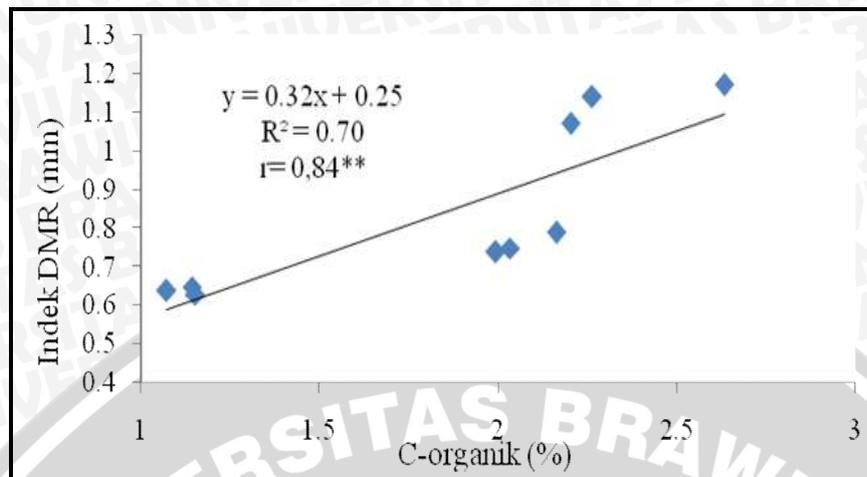
Sedangkan lahan anorganik mempunyai kadar air yang paling kecil. Hal ini dikarenakan masukan bahan organiknya hanya berasal dari pupuk anorganik saja tanpa ada penambahan yang lain. Pengaruh pupuk anorganik bagi lingkungan khususnya pada tanah dapat memberikan dampak negatif bila dilakukan secara terus menerus karena dapat berakibat negatif pada perkembangan mikroorganisme di dalam tanah yaitu banyak yang mati sehingga mikroorganisme tersebut tidak lagi dapat menguraikan bahan organik di dalam tanah. Bahan organik yang tersisa di

dalam tanah akan menggumpal yang dapat mengakibatkan tanah menjadi padat. Jika tanah padat maka kemampuan tanah untuk menyimpan air juga semakin rendah. Berdasarkan penelitian Deptan (2005), menyatakan bahwa peningkatan bobot isi oleh pupuk anorganik diduga karena pupuk anorganik mengandung unsur-unsur yang tidak diperlukan oleh mikroorganisme tanah, sehingga aktivitas mikroorganisme berkurang yang menyebabkan perekat butiran-butiran tanah seperti getah yang berguna untuk membentuk agregat-agregat tanah.

4.2. Hubungan Antar Sifat Fisik Tanah

4.2.1. C-Organik dan Kemantapan Agregat

Secara umum pengelolaan lahan berpengaruh terhadap sifat fisik tanah. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata pada pengelolaan lahan tumpangsari lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengelolaan lahan semi organik dan pengelolaan lahan anorganik. Penambahan bahan organik kedalam tanah akan menjadikan ikatan antar partikel bertambah kuat dengan meningkatnya kadar bahan organik ke dalam tanah. Menurut Tan (1991) bahan organik dan fraksi liat merupakan zat yang dapat merekatkan partikel-partikel tanah sehingga membentuk agregat tanah yang mantap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan hasil korelasi positif C-organik dengan kemantapan agregat $r = 0,84^{**}$ (Lampiran 8). Hasil korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi C-organik maka semakin tinggi nilai indeks DMR.

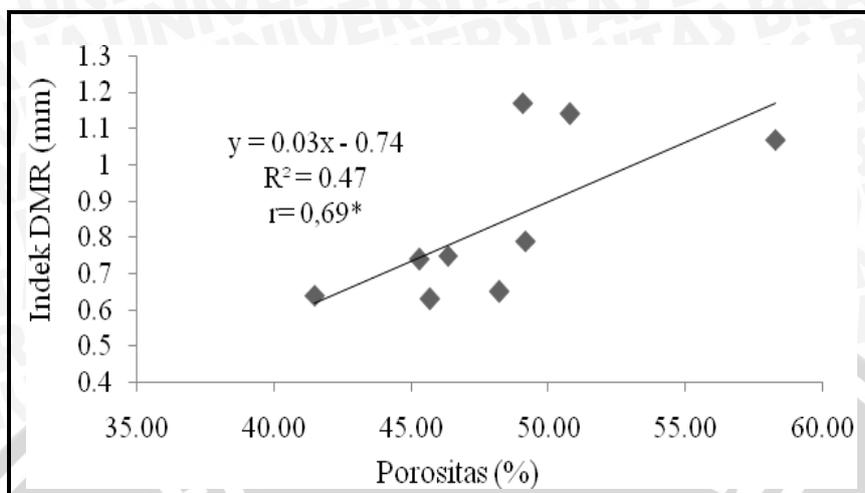


Gambar 11. Hubungan C-Organik dan Kemantapan Agregat

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara C-organik dengan kemantapan agregat yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,70. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 70% ragam indeks DMR disebabkan oleh kandungan C-organik tanah. Bentuk hubungannya digambarkan dengan rumus $y = 0,32x + 0,25$, yang artinya bahwa setiap kenaikan 1% kandungan C-organik diikuti peningkatan indek DMR sebesar 0,57 mm dalam kisaran data penelitian.

4.2.2. Porositas dan Kemantapan Agregat

Adanya peningkatan porositas tanah diikuti dengan peningkatan nilai kemantapan agregat. Hal ini dibuktikan dengan adanya korelasi positif antara porositas dan kemantapan agregat $r = 0,69^*$ (Lampiran 8). Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Arbiwati, (2000) bahwa porositas total tanah yang meningkat menyebabkan aerasi tanah akan baik sehingga mendukung aktivitas organisme yang mengakibatkan peningkatan kemantapan agregat. Tanah yang banyak mengandung bahan organik akan lebih mampu mengikat air karena sifat bahan organik yang mempunyai kerapatan rendah dan ruang pori tinggi. Rendahnya porositas total tanah maka daya penyimpanan air menjadi rendah (Sarjiman, 2004).

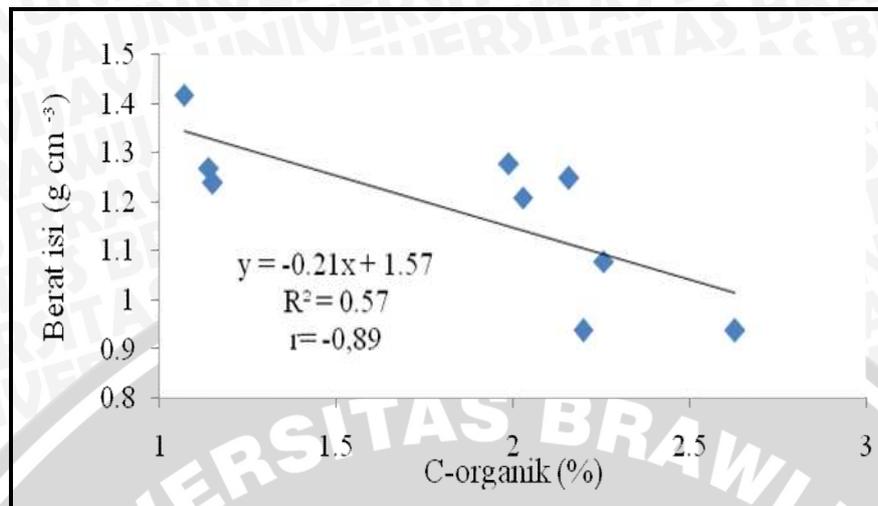


Gambar 12. Hubungan Porositas dan Kemantapan Agregat

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara porositas dengan kemantapan agregat yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,47. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 47% ragam indeks DMR disebabkan oleh porositas tanah. Bentuk hubungannya digambarkan dengan rumus $y = 0,03x - 0,74$, yang artinya bahwa setiap kenaikan 1% porositas diikuti peningkatan indeks DMR sebesar 0,71 mm, dalam kisaran data penelitian.

4.2.3. C-Organik dan Bobot Isi

Semakin tinggi kandungan bahan organik tanah maka nilai bobot isi tanah semakin rendah. Interaksi bahan organik dengan makrofauna tanah akan menciptakan struktur yang mantap dan persentase ruang pori yang terbentuk lebih besar, membentuk pori memegang air, meningkatkan aerasi dan akibatnya menurunkan bobot isi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yaitu dari hasil korelasi dengan $r = -0,89^{**}$ (Lampiran 8). Hasil korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai C-organik maka semakin rendah bobot isi tanah. Hal ini dikuatkan oleh penelitian Utomo (1995), menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berupa kompos dapat menurunkan erodibilitas, bobot isi, ketahanan penetrasi dan meningkatkan kemampuan dalam menahan air.



Gambar 13. Hubungan C-organik dan Bobot isi

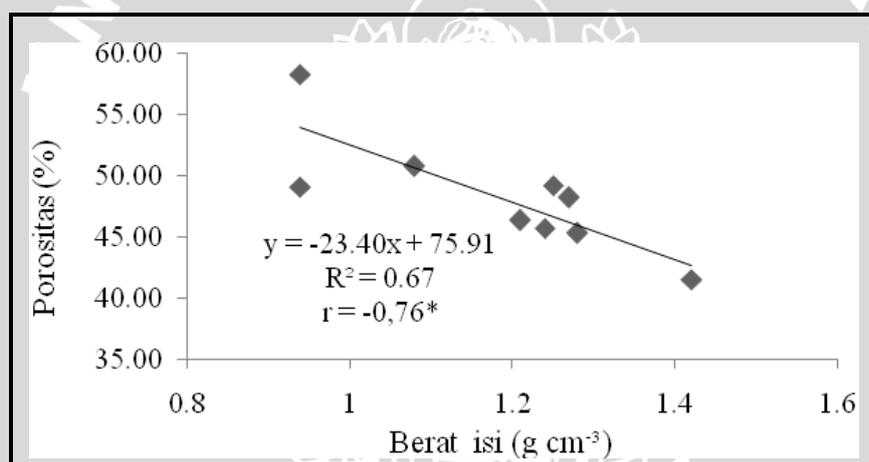
Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara C-organik dengan bobot isi tanah yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,57. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 57% ragam bobot isi tanah disebabkan oleh kandungan C-organik. Bentuk hubungannya digambarkan dengan rumus $y = -0,21x + 1,57$, yang artinya bahwa setiap kenaikan 1% C-organik diikuti penurunan bobot isi sebesar $1,36 \text{ g cm}^{-3}$, dalam kisaran data penelitian.

Thamrin (2000, dalam Mariana, 2006) menyatakan bahwa bahan organik bersifat porus, ketika diberikan ke dalam tanah akan menciptakan ruang pori di dalam tanah sehingga bobot isi tanah menjadi turun. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah karena bahan organik digunakan oleh mikroorganisme tanah sebagai penyusun tubuh dan sumber energinya. Semakin banyak mikroorganisme dalam tanah maka semakin banyak bahan organik yang terurai sehingga perekat butiran-butiran tanah yang berguna untuk proses agregasi tanah.

4.2.4. Bobot Isi dan Porositas

Bobot isi tanah berpengaruh terhadap porositas tanah. Semakin rendah bobot isi maka semakin tinggi pori dalam tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan meningkatkan agregasi tanah sehingga sebaran butiran tanah menjadi mantap

dan meningkatkan porositas tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardjowigeno (2003) yang menyatakan bahwa porositas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur dan teksur. Jumlah pori tanah juga berhubungan dengan ketahanan penetrasi dan bobot isi, semakin tinggi bobot isi, ketahanan penetrasi tinggi namun jumlah pori rendah. Selain itu besarnya nilai ketahanan penetrasi disebabkan pengelolaan lahan. Tanah yang terbuka akan terkena pukulan dan aksi pemecahan dari tetesan hujan dan pengeringan lapisan partikel yang padat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dapat dilihat dari hasil korelasi $r = -0,76^*$ (Lampiran 8). Hasil korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot isi maka semakin rendah porositas tanah tersebut.



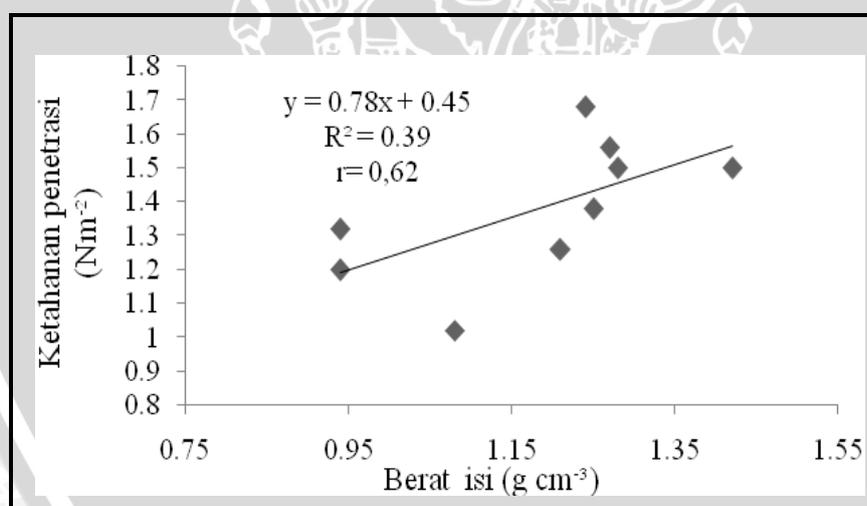
Gambar 14. Hubungan Bobot Isi dan Porositas.

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara bobot isi tanah dengan porositas yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,67. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 67% ragam porositas disebabkan oleh bobot isi tanah. Bentuk hubungannya digambarkan dengan rumus $y = -23,40x + 75,91$, yang artinya bahwa setiap kenaikan 1 g cm^{-3} bobot isi tanah diikuti penurunan porositas sebesar 23,40% dalam kisaran data penelitian. Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa besar kecilnya porositas ditentukan oleh bobot isi. Buckman and Brady (1982) juga berpendapat bahwa bobot isi ditentukan oleh ruang pori dan padatan tanah, jika

letaknya satu sama lain berdekatan maka porositasnya rendah. Tanah yang padat akan menghambat pergerakan air dan udara karena penurunan ruang pori. Pergerakan akar di dalam tanah akan membentuk ruang pori yang berperan dalam pembentukan makroporositas sehingga mampu meningkatkan porositas tanah.

4.2.5. Bobot Isi dan Ketahanan Penetrasi

Ketahanan penetrasi digunakan untuk mengetahui kekuatan akar menembus tanah sehingga ketahanan penetrasi erat kaitannya dengan bobot isi. Jika ketahanan penetrasi semakin tinggi maka unsur hara yang dapat diserap oleh akar tanaman cabai akan rendah pula. Hal ini terjadi karena jika tanahnya padat akan dibutuhkan kekuatan yang lebih besar untuk menembus tanah. Hasil penelitian juga menyatakan hal yang sama yang dapat dilihat dari hasil korelasi $r = 0,62$ (Lampiran 8). Hasil korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot isi maka semakin tinggi ketahanan penetrasi.



Gambar 15. Hubungan Bobot isi dan Ketahanan Penetrasi.

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara bobot isi tanah dengan ketahanan penetrasi yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,39. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 39% ragam ketahanan penetrasi disebabkan oleh bobot isi tanah. Bentuk hubungannya digambarkan dengan rumus $Y = 0,78X + 0,45$,

yang artinya bahwa setiap kenaikan 1 g cm^{-3} bobot isi tanah diikuti peningkatan ketahanan penetrasi sebesar $1,23 \text{ Nm}^{-2}$ dalam kisaran data penelitian. Sarjiman (2004) menyatakan bahwa interaksi bahan organik dengan partikel tanah akan menciptakan struktur yang mantap sehingga persentase jumlah pori yang terbentuk semakin besar dan akibatnya menurunkan bobot isi. Hal ini dikuatkan dengan penelitian Utomo (1995) yang menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berupa kompos dapat menurunkan erodibilitas, bobot isi dan ketahanan penetrasi. Jumlah pori tanah juga berhubungan dengan ketahanan penetrasi dan bobot isi, semakin tinggi bobot isi, ketahanan penetrasi tinggi namun jumlah pori rendah. Selain itu besarnya nilai ketahanan penetrasi disebabkan pengelolaan lahan. Tanah yang terbuka akan terkena pukulan dan aksi pemecahan dari tetesan hujan dan pengeringan lapisan partikel yang padat.

4.3. Pengaruh Pengelolaan Tanah Terhadap Sifat Fisik Tanah

Pengelolaan lahan yang berbeda dari lahan tanaman cabai menyebabkan perbedaan terhadap sifat fisik tanah. Pada penelitian ini, pengelolaan lahan tumpangsari memiliki nilai bobot isi sebesar $0,99 \text{ g cm}^{-3}$ yang termasuk dalam kategori sedang, porositas sebesar 52,72% termasuk kategori sedang, konduktivitas hidrolis jenuh sebesar $10,05 \text{ cm jam}^{-1}$ termasuk kategori agak cepat, dan kemantapan agregat sebesar 1,13 mm termasuk kategori sangat stabil (Lampiran 9). Pada pengelolaan lahan semi organik memiliki nilai bobot isi sebesar $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ termasuk dalam kategori tinggi, porositas sebesar 46,94% termasuk dalam kategori sedang, konduktivitas hidrolis jenuh sebesar $5,73 \text{ cm jam}^{-1}$ termasuk kategori sedang, dan kemantapan agregat sebesar 0,76 mm termasuk kategori stabil (Lampiran 9). Pada pengelolaan lahan anorganik memiliki nilai bobot isi sebesar $1,31 \text{ g cm}^{-3}$ termasuk dalam kategori tinggi, porositas sebesar 45,14% termasuk dalam kategori sedang, konduktivitas hidrolis jenuh sebesar $4,64 \text{ cm jam}^{-1}$ termasuk kategori sedang, dan kemantapan agregat sebesar 0,64 mm termasuk kategori agak stabil (Lampiran 9).

Pengelolaan lahan tumpangsari memiliki nilai sifat fisik tanah lebih baik dibandingkan dengan pengelolaan lahan semi organik dan anorganik. Hal ini

disebabkan karena penambahan bahan organik dan penambahan tanaman penutup tanah berupa *Arachis hypogaea* L yang akan mempengaruhi sifat fisik tanah. Pengelolaan tanah tanaman cabai tumpangsari menggunakan tanaman *Arachis hypogaea* L, selain sebagai tanaman penutup tanah *Arachis* juga digunakan sebagai bahan kompos yang dipupukkan ke lahan tersebut. Pengelolaan lahan semi organik menggunakan pupuk organik dan pupuk anorganik berupa kompos tanpa diberi penutup tanah. Sedangkan untuk lahan anorganik menggunakan pupuk anorganik saja tanpa ada tanaman penutup tanah maupun pemberian kompos. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Cahyonoagus, 2008), bahan organik tanah memainkan peran utama dalam pembentukan agregat dan struktur tanah yang baik, sehingga secara tidak langsung akan memperbaiki kondisi fisik tanah. Pengaruh dari pengelolaan lahan terhadap sifat fisik tanah menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap pengamatan C-organik, bobot isi, bobot jenis, konduktivitas hidrolis jenuh, kemantapan agregat dan penetrasi tanah. Sedangkan untuk pengamatan porositas tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat memperbaiki kondisi tanah seperti kekerasan tanah pada tingkat sedang, meningkatkan stabilitas agregat tanah dan meningkatkan laju infiltrasi.

Tabel 3. Hasil tanaman dan karakteristik fisika tanah pada tiga macam pengelolaan lahan dalam budidaya cabai

Kode	BI	BJ	KHJ	porositas	Indek DMR	Penetrasi	C-Organik	Tekstur			Pro-duksi
	g cm ⁻³		cm jam ⁻¹	%	Mm	Nm ⁻²	(%)	Pasir %	Debu %	Liat %	Ton/ha
CAO	1,31	2,39	4,64	45,14	0,64	1,58	1,12	24	40	36	5,25
CSO	1,25	2,31	5,73	46,94	0,76	1,38	2,06	29	37	34	6,65
CC	0,99	2,20	1,05	52,72	1,13	1,18	2,36	61	18	21	7,37

Keterangan : BI: Bobot isi ; BJ ; Bobot jenis ; KHJ; Konduktivitas hidrolis jenuh ; Indek DMR; Kemantapan agregat; CAO: Cabai Anorganik; CSO: Cabai Semi Organik; CC: Cabai Tumpangsari

4.4. Hubungan Sifat Fisika Tanah dengan Produksi Tanaman Cabai

Pengelolaan lahan yang berbeda tidak hanya berpengaruh terhadap sifat fisik tanah tetapi berpengaruh juga terhadap produksi tanaman cabai. Hal ini disebabkan karena penambahan bahan organik berupa kompos yang terdekomposisi mampu memperbaiki sifat fisik tanah dan menambah unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Adanya perbedaan sifat fisik tanah terutama kemantapan agregat akan berpengaruh terhadap peningkatan porositas total dan menurunkan pori makro dan akibatnya bobot isi tanah menjadi lebih rendah. Dengan rendahnya bobot isi tanah maka akan mengurangi terjadinya pemadatan tanah. Ruang pori yang besar akan mempermudah pergantian udara dan air di dalam tanah sehingga dapat menjamin ketersediaan air yang dibutuhkan tanaman dan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

Pada penelitian ini, nilai bobot isi mempunyai korelasi positif dengan produksi tanaman $r = -0,91^{**}$ (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah nilai bobot isi tanah maka semakin tinggi hasil produksi tanaman cabai. Penurunan bobot isi tanah dikarenakan kandungan bahan organik tinggi, aktivitas mikroorganisme dalam tanah meningkat sehingga dapat meningkatkan proses dekomposisi yang menghasilkan humus dan akan memantapkan agregat tanah serta meningkatkan jerapan air. Hal ini dikuatkan oleh pendapat (Buckman dan Brandy, 1982). Bahan organik tanah memperkecil bobot isi karena bahan organik jauh lebih ringan daripada mineral, dan bahan organik tanah mampu memperbesar porositas tanah.

Hubungan juga terjadi pada pengamatan porositas ditunjukkan dengan adanya korelasi positif antara porositas dengan produksi tanaman $r = 0,69^*$ (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai porositas maka semakin tinggi juga hasil produksi tanaman cabai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kohnke (1989, dalam Bakri, 2001) bahwa bila pori air tersedia cukup maka air dapat berperan secara optimal dalam mensuplai unsur hara bagi tanaman.

Korelasi positif juga terjadi antara kemantapan agregat dengan produksi tanaman cabai yaitu $r = 0,93^{**}$ (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kemantapan agregat maka semakin tinggi juga hasil produksi tanaman

cabai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tisdall dan Oades (1982), Bronick dan Lal (2005) bahwa proses agregasi tanah dan stabilitas disebabkan karena keduanya dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti praktek pengelolaan tanah, sifat tanah dan lingkungan tanah (seperti kadar air tanah). Dengan adanya peningkatan kemantapan agregat maka produksi tanaman juga akan meningkat.

Tabel 4. Matriks korelasi antara hasil tanaman dengan karakteristik tanah

Parameter	Bobot isi	Bobot jenis	KHJ	Porositas	DMR	Penetrasi	Corganik	Air	Produksi
Bobot isi	1								
Bobot jenis	.89**	1							
KHJ	-.73*	-.79*	1						
Porositas	-.76*	-.73*	.49	1					
PF2.5	-.85**	-.74*	.76*	.66					
PF4.2	-.93**	-.87**	.73*	.69*					
DMR	-.83**	-.88**	.96**	.69*	1				
Penetrasi	.62	.62	-.74*	-.59	-.81**	1			
Corganik	-.89**	-.83**	.80**	.55	.84**	-.74*	1		
Air	-.90	-.84	-.96	.80	.96	.88	.98*	1	
Produksi	.91**	.95**	.84**	.69*	.93**	-.85**	.96**	.67*	1

Keterangan : ** : Berbeda nyata pada taraf 1%
 * : Berbeda nyata pada taraf 5%

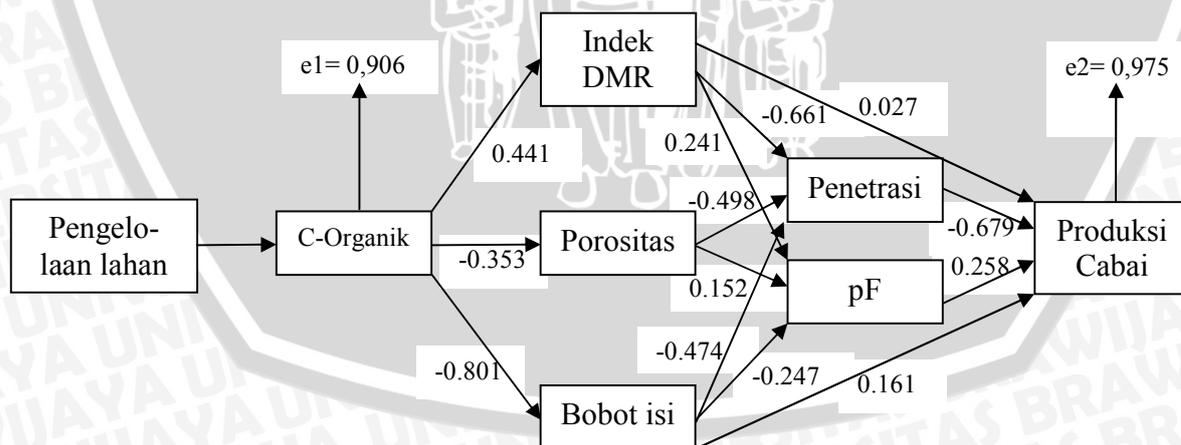
4.5. Pengelolaan Lahan Cabai

Perbedaan pengelolaan lahan menyebabkan perbedaan sifat fisik tanah. Kandungan bahan organik pada masing-masing pengelolaan lahan juga berpengaruh pada bobot isi dan porositas tanah sehingga juga akan berpengaruh terhadap penetrasi tanah. Pengelolaan lahan tumpangsari memiliki sifat fisik tanah yang lebih baik dibanding kedua pengelolaan lahan lainnya sehingga pengelolaan lahan ini dapat direkomendasikan untuk lahan tanaman cabai.

Perbedaan pengelolaan lahan tumpangsari, semi organik dan anorganik mempengaruhi kandungan C-organik. Hal ini dapat dilihat bahwa pengelolaan lahan tumpangsari memiliki kandungan C-organik lebih tinggi dibandingkan dengan pengelolaan lahan lainnya. Adanya pengaruh tersebut berdampak juga dengan adanya pengaruh C-organik terhadap kemantapan agregat, porositas total dan bobot isi tanah dan akan berpengaruh juga terhadap produksi tanaman cabai. Hubungan C-organik

memberikan pengaruh langsung terhadap kemantapan agregat $r = 0,84^{**}$. Sedangkan hubungan C-organik memberikan pengaruh tidak langsung terhadap porositas total dan bobot isi (Gambar 16). Selanjutnya hubungan C-organik, kemantapan agragat, porositas total dan bobot isi tanah memberikan pengaruh terhadap produksi tanaman cabai. Hubungan C-organik memberikan pengaruh langsung terhadap produksi tanaman cabai $r = 0,96^{**}$. Hubungan ketahanan penetrasi memberikan pengaruh tidak langsung terhadap produksi tanaman cabai $r = -0,85^{**}$. Sedangkan kapasitas air tersedia memberikan pengaruh langsung terhadap produksi tanaman cabai $r=0,67^*$.

Pengelolaan lahan tumpangsari tanaman cabai dengan tanaman penutup tanah *Arachis hypogaea* L (kacang tanah) dikombinasi dengan penambahan bahan organik berupa pupuk kompos kotoran unggas disarankan sebagai salah satu metode yang mudah diaplikasikan untuk menjaga keberlanjutan lahan tanaman cabai sehingga dapat mensejahterakan petani cabai. Suatu lahan yang selalu tertutup vegetasi akan memberikan seresah yang dapat berfungsi sebagai sumber bahan organik. Penggunaan mulsa jerami atau mulsa plastik berkontribusi meningkatkan produksi tanaman. Pada saat hujan turun air hujan tidak langsung terkena tanah yang dapat menyebabkan agregat pecah dan bahan organik yang ada di permukaan tanah tidak ikut terbawa aliran air. Berikut akan dijelaskan lebih lanjut pengelolaan lahan cabai .



Gambar 16. Diagram Jalur Hubungan Korelasional Antara Karakteristik Tanah dengan Produksi Tanaman

4.5.1. Pengelolaan Tanah Untuk Menurunkan Resistensi Penetrasi dan Meningkatkan Air-Tersedia

Upaya-upaya untuk meningkatkan keberlanjutan pertanian jangka panjang membutuhkan pengelolaan tanah yang tepat dan praktek manajemen biomasa sisa tanaman. Cone-Indeks (CI) suatu tanah, yang berkaitan dengan ketahanan tanah terhadap penetrasi, merupakan karakteristik fisika yang berkaitan dengan produktivitas tanah dan tanaman, khususnya pada sistem pertanaman yang intensif. Beberapa tindakan pengelolaan tanah untuk memperbaiki sifat penetrasi tanah adalah manajemen biomasa sisa panen tanaman pada saat pengolahan tanah (olah tanah konvensional, olah tanah minimum dan tanpa olah tanah), dan mulsa organik (biomasa tumbuhan) di permukaan tanah. Tindakan pengelolaan tanah seperti ini ternyata sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat penetrasi tanah dan pertumbuhan akar, terutama dalam kaitannya dengan ketahanan penetrasi tanah; sehingga tindakan pengelolaan seperti ini diperlukan untuk praktek pengelolaan tanah dan budidaya tanaman yang berkelanjutan (Nyambilila dan Kristofor. 2008).

Variasi iklim mempengaruhi secara dramatis pertumbuhan tanaman cabai, tanaman ini sangat sensitif terhadap stres air selama musim tanam, terutama di periode reproduksinya. Akar-akar tanaman cabai memiliki toleransi yang berbeda terhadap pemadatan tanah, tetapi tanaman ini merespon negative terhadap pemadatan tanah. Dalam literatur masih belum jelas apa saja sifat tanah yang berkaitan dengan batas kritis resistensi penetrasi tanah (PR) dan hasil panen tanaman. Pada umumnya, nilai PR sebesar 2 MPa dianggap sudah membatasi pertumbuhan akar tanaman (Taylor et al., 1966; Benjamin et al., 2003). Respon tanaman terhadap pemadatan tanah tergantung pada interaksi antara tanaman, jenis tanah, kadar air, dan derajat pematatannya (Lipiec dan Simota, 1994). Dalam konteks ini, kelembaban tanah menjadi faktor utama dan nilai Least-Limit-Water-Range (LLWR) berkaitan kelembaban tanah dan porositas aerasi (10%) dan resistensi penetrasi (2 MPa), yang keduanya tergantung pada tingkat pemadatan tanah, dan mewakili batas atas dan bawah dari LLWR (Silva et al., 1994).

Pengolahan tanah biasanya dilakukan untuk menggemburkan tanah, mengurangi tingkat pemadatan tanah dan akibatnya dapat meningkatkan kisaran LLWR. Kondisi seperti ini menyiratkan bahwa tanaman mengalami periode yang lebih lama kondisi kelembaban tanah antara batas atas dan batas bawah LLWR. Secara lebih spesifik, pengolahan tanah dilakukan untuk mengurangi pemadatan tanah, mengubah bobot isi tanah, ketahanan penetrasi tanah dan memudahkan distribusi akar, dan meningkatkan ketersediaan lengas tanah bagi akar tanaman.

Respon tanaman cabai terhadap pemadatan tanah tergantung pada interaksi antara tanaman, jenis tanah, kadar air, dan derajat pemadatan tanah. Banyak penelitian yang dilakukan oleh para peneliti untuk menentukan dampak pengelolaan tanah terhadap resistensi penetrasi (PR), bobot-isi tanah (BI), kelembaban tanah (Θ), dan distribusi akar tanaman, dan hubungan hasil tanaman dengan lamanya periode kelembaban tanah di luar kisaran LLWR. Sistem pengelolaan tanah yang lazim dilakukan biasanya adalah tanpa olah tanah TOT (NT), pembajakan tanah (CHT), dan pengolahan tanah konvensional (CoT). Nilai BI tanah pada kedalaman 5cm sebesar 1,72 Mg/m (untuk NT), 1,65 Mg/m³ (untuk CHT), dan 1,52 Mg/m³ (untuk CoT). Nilai PR untuk lapisan 6-10 cm ternyata lebih besar dari 2 MPa (untuk NT), mulai dari 30 hari setelah tanam hingga akhir siklus tanaman (panen). Pertumbuhan akar terkonsentrasi dalam lapisan tanah 5-15cm (untuk NT) dan terdistribusi hingga kedalaman 25cm (untuk CHT), sedangkan pada olah tanah CoT ternyata pertumbuhan akar tidak ada pembatasannya. Jumlah hari dimana tanaman mengalami kondisi lengas-tanah di luar batas LLWR adalah 18 hari (untuk NT), 19 hari (untuk CoT), dan 13 hari (untuk CHT) (Reichert, da Silva dan Reinert, 2004). Hasil tanaman ternyata sangat ditentukan oleh sistem pengelolaan tanah yang mempengaruhi sifat-sifat fisika tanah, terutama ketahanan penetrasi dan ketersediaan lengas-tanah. Kedua sifat tanah ini ternyata berkaitan erat dengan pertumbuhan dan distribusi akar tanaman dalam tanah.

a. Bobot isi (BI) tanah dan ketahanan penetrasi tanah (PR).

Bobot isi (BI) pada lapisan 0-5 cm sebesar $1,53 \text{ Mg m}^{-3}$ pada kondisi tanpa olah tanah (NT), $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ untuk pengolahan tanah konvensional (CoT), dan $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ untuk pembajakan tanah (CHT). Dalam lapisan tanah 5-10 cm, ternyata olah tanah konvensional menghasilkan BI sebesar $1,48 \text{ Mg m}^{-3}$, sedangkan tanpa olah tanah menghasilkan BI sebesar $1,72 \text{ Mg m}^{-3}$ (Reichert, da Silva dan Reinert, 2004). Pembajakan tanah ternyata cukup efisien mengurangi BI pada kedalaman 7,5 cm, yang biasanya lapisan ini lebih padat pada kondisi tanpa olah tanah (Hakansson et al., 1988). Meskipun pembajakan tanah dapat menurunkan BI, beberapa faktor seperti kerusakan struktur tanah, tidak adanya biomasa residu di permukaan tanah, dampak hujan, dan siklus pembasahan/pengeringan tanah berkontribusi untuk memadatkan tanah dengan cepat. Nilai PR ternyata juga lebih besar pada kondisi tanpa olah tanah dibandingkan dengan kondisi pengolahan tanah.

Di antara beberapa sifat tanah yang mempengaruhi nilai-nilai PR, ternyata kelembaban tanah (lengas tanah) paling bervariasi selama musim pertumbuhan tanaman. Selama musim pertumbuhan tanaman, biasanya nilai PR cukup rendah pada lapisan tanah atas 3-5cm, terutama 10 hari pertama setelah tanam bibit. Selama siklus tanaman, kondisi tanpa olah tanah menyajikan PR lebih besar daripada olah tanah konvensional atau pembajakan tanah, tetapi biasanya di bawah 1,5 Mpa (Reichert, da Silva dan Reinert, 2004). Untuk lapisan tanah 6-10cm, ternyata tanpa olah tanah mempunyai nilai PR sebesar 1,5 MPa pada hari-hari pertama setelah penanaman, sedangkan dua sistem olah tanah lainnya memiliki PR sekitar 0,5 MPa. Selama periode 30-60 hari setelah tanam, perlakuan tanpa olah tanah mempunyai nilai PR sebesar 2 Mpa, hal ini dianggap penting bagi pertumbuhan akar tanaman (Taylor et al., 1966). Namun demikian, pertumbuhan akar cepat selama 10 hari pertama setelah tanam, distribusi akar sudah melampaui kedalaman 10 cm. Variasi terbesar nilai PR terjadi pada lapisan tanah 12-20cm, karena variasi kelembaban tanah, biasanya nilai PR di atas 2,5 MPa untuk semua sistem pengelolaan tanah. Dalam lapisan tanah 21-30 cm nilai-nilai PR tidak terlalu bervariasi di antara sistem pengelolaan tanah. Pembatasan pertumbuhan akar akibat tingginya nilai PR (di atas 2 MPa) selama

siklus tanaman, biasanya terjadi pada kedalaman 6-10cm, mulai dari 30 hari setelah penyemaian pada kondisi tanpa olah tanah (Reichert, da Silva dan Reinert, 2004). Pada lapisan tanah 12-20 cm, nilai PR lebih besar dari 2 MPa terjadi pada semua sistem pengelolaan tanah, namun pada saat kelembaban tanah meningkat ternyata nilai PR menurun di bawah 2 MPa, hal ini memungkinkan pertumbuhan akar ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Pada tahap pertumbuhan reproduksi, pertumbuhan dan distribusi akar ternyata lebih luas, lebih lebar dan lebih dalam, pada kondisi pengolahan tanah yang tepat dibandingkan dengan tanpa olah tanah (TOT) dan pembajakan tanah. Pada kondisi TOT ternyata akar tanaman terkonsentrasi pada lapisan tanah 0-15 cm, tetapi sedikit akar yang mampu tumbuh melampaui lapisan padat dan tumbuh hingga kedalaman lebih dari 30cm. Dalam pengolahan tanah yang tepat tidak ada batas pertumbuhan akar, akar didistribusikan di sekitar semua sisi tanaman, menempati volume tanah secara keseluruhan. Dalam pengolahan tanah dengan bajak pahat, akar terkonsentrasi sampai kedalaman tanah 25 cm (Reichert, da Silva dan Reinert, 2004).

Pengolahan tanah yang dilakukan secara tepat dapat mengemburkan tanah dan mengurangi ketahanan penetrasi tanah selama musim pertumbuhan tanaman. Tanpa olah tanah (TOT) biasanya menghasilkan kerapatan akar lebih rendah daripada pengolahan tanah konvensional. Pengelolaan tanah mengurangi kepadatan tanah dan peningkatan amplitudo kelembaban tanah dalam kisaran LLWR (*Least limiting water range*). Kelembaban tanah bertahan lebih lama dalam kisaran LLWR pada kondisi tanah diolah, periode (jumlah hari) dimana tanaman tumbuh dengan kelembaban tanah di bawah batas LLWR ternyata lebih singkat. Hal ini membuktikan bahwa pengolahan tanah yang tepat mampu memperbaiki suplai air tersedia bagi tanaman selama musim pertumbuhannya.

b. Efek manajemen biomasa sisa panen

Bobot isi tanah (ρ_b) mempunyai nilai-nilai yang bervariasi menurut situs (lokasi), kedalaman tanah, dan secara signifikan dipengaruhi oleh pengolahan tanah, penghapusan residu sisa panen, dan tingkat pemupukan N. Secara umum, nilai-nilai BI tanah lapisan atas yang diolah lebih rendah dibandingkan dengan tanah-tanah yang

tidak diolah (tanpa olah tanah). Sedangkan perlakuan meninggalkan semua biomasa residu sisa panen tetap di lahan atau dicampur dengan pengolahan tanah menghasilkan BI tanah lapisan oleh lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang mengambil seluruh biomasa residu sisa panen dari lahan. Nilai BI tanah lapisan bawah (kedalaman > 20 cm) tidak dipengaruhi oleh perlakuan pengolahan tanah dan pengelolaan residu sisa panen.

Ketahanan penetrasi tanah (SPR: *Soil penetration resistance*) diukur sebagai indikator untuk perubahan pemadatan tanah akibat praktik manajemen residu sisa panen dan pengolahan tanah. Pengukuran SPR-terkoreksi (A-SPR) dilakukan pada kondisi kadar air gravimetri sebesar 0,27g/g, untuk mengurangi efek pengganggu dari kadar air tanah pada saat pengukuran. Secara umum, nilai A-SPR tanah lapisan atas (2,5-20cm) lebih tinggi kalau semua biomasa sisa tanaman diambil dari lahan. Selain itu, pengolahan tanah biasanya menurunkan nilai A-SPR tanah lapisan olah. Nilai SPR ini ternyata dipengaruhi oleh kondisi lengas tanah pada saat pengukuran SPR.

Peningkatan pemadatan tanah akibat pengambilan semua biomasa residu sisa panen dari lahan dapat dikaitkan dengan dua faktor, yaitu: (i) peningkatan lalu lintas di atas lahan untuk mengumpulkan dan mengangkut biomasa sisa panen, dan (ii) pengurangan bahan organik tanah yang berdampak pada stabilitas agregat tanah dan nilai BI tanah (Soane, 1990). Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemadatan tanah akibat pengambilan residu sisa panen dalam waktu satu tahun, peningkatan lalu lintas di atas bidang lahan dan pengeringan muka-tanah yang berlebihan akibat kondisi permukaan tanah yang terbuka dan gundul (Quiroga et al, 1999; Blanco-Canqui et al., 2006).

Nilai A-SPR secara signifikan berkorelasi dengan BI, nilai MWD (mean weight diameter), kandungan BOT dan MBC (Microbial biomass carbon) pada lapisan kedalaman tanah 0-15 cm. Stabilitas struktur tanah dievaluasi dengan mengukur distribusi agregat stabil air (WSA: water stable aggregate), yang secara signifikan dipengaruhi oleh pengolahan tanah, pengambilan residu sisa panen, dan praktek pemupukan N. Nilai MWD dihitung berdasarkan tujuh fraksi ukuran agregat, sehingga perbandingan dapat dilakukan untuk seluruh praktek manajemen. Nilai

MWD ini ternyata dipengaruhi oleh pengolahan tanah, pengambilan residu sisa tanaman, dan pemupukan N. Nilai-nilai MWD terbesar biasanya terjadi pada kondisi tanpa olah tanah dan seluruh residu sisa panen dikembalikan ke lahan.

c. Pengaruh bahan organik tanah terhadap sifat-sifat tanah

Bahan organik mempengaruhi karakteristik kimia dan fisika tanah, serta kesehatan tanah secara keseluruhan. Karakteristik tanah yang dipengaruhi oleh aplikasi bahan organik adalah: struktur (agregat) tanah, kapasitas air tersedia; keragaman dan aktivitas organisme tanah, dan ketersediaan hara. Selain itu, bahan organik tanah juga mempengaruhi efektivitas aplikasi bahan amandemen (pembenah) tanah, efisiensi pupuk, pestisida dan herbisida.

1. Pemanfaatan air hujan

Lahan kering mungkin menghasilkan panen tanaman yang rendah, bukan hanya karena curah hujan tidak teratur atau tidak cukup jumlahnya, tetapi juga karena besarnya proporsi air hujan, (40-60%), mungkin hilang sebagai limpasan permukaan. Rendahnya tingkat pemanfaatan air hujan ini ada kaitannya dengan fenomena alam (profil tanah, kemiringan lahan, intensitas hujan), tetapi juga praktek pengelolaan lahan yang tidak bagus (misalnya pembakaran residu sisa tanaman, pengolahan tanah yang berlebihan, menghilangkan tanaman pagar, dll.) yang mengurangi input bahan organik, menghancurkan agregat tanah, menghilangkan fauna tanah yang menguntungkan dan tidak mendukung resapan air (infiltrasi air hujan).

Untuk meminimalkan dampak kekeringan, profil tanah harus mampu menangkap air hujan yang jatuh di atasnya, menyimpan sebanyak mungkin air hujan untuk dapat digunakan oleh tanaman, dan memungkinkan akar tanaman untuk tumbuh menembus profil tanah.

Kapasitas tanah untuk menyimpan dan melepaskan air-tanah tergantung pada berbagai faktor, seperti tekstur tanah, kedalaman tanah, arsitektur tanah (struktur fisik termasuk pori-pori), kandungan bahan organik tanah dan aktivitas biologis tanah. Namun demikian, pengelolaan tanah yang tepat dapat meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air hujan ini.

Praktek pengelolaan tanah yang meningkatkan jumlah air-tanah dapat dikategorikan dalam tiga kelompok, yaitu: (i) praktek-praktek yang meningkatkan infiltrasi air hujan; (ii) praktek-praktek yang meminimumkan evaporasi; dan (iii) praktek-praktek yang meningkatkan kapasitas penyimpanan kelembaban tanah. Ketiga kelompok praktek-praktek ini terkait dengan kandungan BOT. Dalam rangka menciptakan tanah yang lebih tahan kekeringan, maka perlu dipahami faktor-faktor yang paling mempengaruhi kelembaban tanah.

2. Peningkatan kelembaban tanah

Bahan organik tanah mempengaruhi kondisi fisik tanah dalam beberapa cara. Biomasa residu tanaman yang menutupi permukaan tanah mampu melindungi tanah dari efek “kerak permukaan” akibat hujan, sehingga meningkatkan infiltrasi air hujan dan mengurangi limpasan permukaan. Tingkat infiltrasi air hujan tergantung pada sejumlah faktor, termasuk agregasi dan stabilitas agregat, kontinuitas pori dan stabilitas pori, keberadaan retakan-retakan, dan kondisi permukaan tanah. Peningkatan bahan organik tanah berkontribusi tidak langsung pada porositas tanah (melalui peningkatan aktivitas fauna tanah). Bahan organik segar merangsang aktivitas makrofauna, seperti cacing tanah, yang membuat liang-liang dalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan sekresi seperti lem dari tubuh cacing dan selalu diisi dengan bahan organik makanan cacing dan kotoran cacing.

Proporsi air hujan yang meresap ke dalam tanah tergantung pada jumlah biomasa atau vegetasi penutup muka tanah. Pada kondisi tanah telanjang (penutup tanah 0 ton/ha) limpasan permukaan dan erosi tanah lebih besar daripada ketika permukaan tanah dilindungi dengan mulsa. Sisa tanaman yang tertinggal di permukaan tanah mampu mempromosikan agregasi tanah dan porositas tanah, dan meningkatkan jumlah pori makro, dan dengan demikian tingkat infiltrasi menjadi lebih besar.

Peningkatan kadar bahan organik dan populasi fauna tanah menyebabkan peningkatan porositas tanah, sehingga infiltrasi air hujan lebih mudah dan dapat disimpan dalam profil tanah (Roth, 1985). Peningkatan ruang pori (porositas) tanah

ini ada kaitannya dengan kegiatan bio-turbating cacing tanah dan makro-organisme lain dan saluran bekas akar tanaman yang sudah mati.

Infiltrasi air hujan dapat meningkat dari 20 mm/jam pada kondisi pengolahan tanah konvensional menjadi 45 mm/jam pada kondisi tanpa olah tanah (Calegari, Darolt dan Ferro, 1998). Dalam jangka panjang, peningkatan bahan organik tanah mampu mempromosikan struktur tanah yang baik dan makro-porositas, dan meningkatkan infiltrasi air hujan.

Konsekuensi dari peningkatan infiltrasi air hujan, dikombinasikan dengan kandungan BOT yang lebih tinggi, adalah peningkatan penyimpanan air hujan dalam tanah. Bahan organik tanah berkontribusi pada stabilitas agregat tanah dan pori-pori melalui bahan-bahan perekat (cemen) organik, seperti produk bakteri, gel organik, hifa jamur dan sekresi cacingtanah. Selain itu, bahan organik yang dicampur dengan bahan mineral tanah memiliki pengaruh yang cukup besar dalam meningkatkan kapasitas memegang lengas tanah. Tanah lapisan atas (topsoil) biasanya lebih banyak mengandung BOT daripada subsoil, dan lebih banyak air yang dapat disimpannya.

Kualitas biomasa sisa tanaman, khususnya komposisi kimianya, menentukan efeknya terhadap struktur dan agregasi tanah. Blair et al. (2003) melaporkan bahwa jerami padi mampu meningkatkan stabilitas agregat tanah melalui pelepasan sejumlah senyawa organik perekat partikel tanah. Kalau senyawa perekat ini mengalami dekomposisi lebih lanjut, mereka hilang dari sistem tanah dan mengakibatkan penurunan stabilitas agregat tanah dari waktu ke waktu. Elliot dan Lynch (1984) melaporkan bahwa agregasi tanah memanfaatkan polisakarida yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang miskin N. Ada hubungan yang erat antara kadar C-tanah dengan ukuran agregat tanah. Peningkatan kadar C-tanah biasanya diikuti oleh peningkatan proporsi agregat tanah yang diameternya lebih dari 2 mm dan penurunan proporsi agregat-tanah yang diameternya kurang dari 0,25 mm (Castro Filho, Muzilli dan Podanoschi, 1998). Fraksi aktif C-tanah adalah faktor utama yang mengendalikan stabilitas dan kerusakan agregat tanah (Whitbread, Lefroy dan Blair, 1998; Bell et al., 1999). Selain itu, hifa dari actinomycetes dan jamur juga memainkan peran penting dalam mengikat bersama partikel-partikel tanah (Castro Filho, Muzilli dan

Podanoschi, 1998). Penurunan makro agregat tanah ternyata berkorelasi dengan penurunan hifa jamur setelah enam tahun budidaya secara terus menerus (Gupta dan Germida, 1988).

Penyimpanan air dalam tanah tidak hanya tergantung pada jenis pengolahan lahan, tetapi juga pada jenis bahan penutup atau vegetasi sebelumnya pada tanah. Pembakaran vegetasi berpengaruh pada jumlah air yang disimpan dalam tanah. Melestarikan vegetasi penutup di permukaan tanah, dan dengan demikian mengurangi penguapan, ternyata meningkatkan jumlah air yang disimpan dalam tanah. Jumlah air ekstra dalam tanah ini dapat mendukung kelangsungan hidup tanaman selama periode kering.

Sebuah studi yang dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan agro-ekosistem menunjukkan bahwa 3-15 persen lebih banyak air disimpan di dalam tanah yang dikelola secara ramah lingkungan. Unger (1978) menunjukkan bahwa tingkat residu gandum yang banyak ternyata dapat meningkatkan penyimpanan air hujan selama periode bera, yang kemudian menghasilkan tanaman lebih tinggi.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah biasanya dapat meningkatkan kapasitas menahan air tanah. Hal ini karena penambahan bahan organik meningkatkan jumlah mikro-pori dan makro-pori dalam tanah, dengan cara "mengagregasikan" partikel primer tanah atau menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi kehidupan organisme tanah. Beberapa jenis bahan organik tanah dapat menyimpan air hingga 20 kali bobot massanya (Reicosky, 2005). Hudson (1994) menunjukkan bahwa untuk setiap kenaikan 1 persen kandungan BOT, diikuti oleh peningkatan kapasitas menahan air sebesar 3,7 persen. Air tanah dipegang oleh gaya-gaya perekat dan kohesif dalam tanah dan peningkatan ruang pori tanah akan menyebabkan peningkatan kapasitas menahan air tanah.

3. Manajemen Biomasa Residu (Sisa) Tanaman

Dalam sistem dimana biomasa sisa tanaman dikelola dengan baik, ada banyak manfaat yang dapat diperoleh, yaitu:

1. Menambah bahan organik tanah, yang meningkatkan kualitas tempat tumbuh tanaman dan meningkatkan kapasitas infiltrasi air dan retensi air-tanah, buffer pH dan memfasilitasi ketersediaan hara;
2. Menyimpan karbon dalam tanah;
3. Memberikan hara untuk aktivitas biologis tanah dan serapan tanaman;
4. Menangkap air hujan di permukaan tanah dan dengan demikian meningkatkan infiltrasi dan kadar air tanah;
5. Memberikan penutup untuk melindungi pengikisan tanah;
6. Mengurangi penguapan air dan menghindari pengeringan permukaan tanah.

Tergantung pada sifat dari jenis tanaman berikutnya, maka biomasa sisa panen dapat didistribusikan secara merata di permukaan lahan atau dibiarkan utuh di tempatnya. Penyebaran biomasa residu tanaman secara merata berarti : (i) menyediakan kondisi suhu tanah dan kelembaban tanah yang homogen pada saat penanaman benih atau bibit; (ii) memfasilitasi penanaman benih, perkecambahan dan munculnya bibit; (iii) meminimalkan perkembangan hama dan penyakit; dan (iv) mengurangi munculnya kecambah benih gulma melalui efek alelopati. Metode yang paling tepat untuk mengelola biomasa sisa tanaman tergantung pada tujuan pemanfaatan sisa tanaman, pengalaman dan peralatan yang tersedia bagi petani.

4. Aplikasi pupuk kandang atau limbah organik kaya karbon

Aplikasi bahan-bahan kotoran hewan (pupuk kandang), lumpur atau limbah yang kaya karbon lainnya, mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Dalam beberapa kasus, lebih baik dilakukan composting (periode dekomposisi BO) sebelum aplikasinya ke lahan. Setiap penambahan BO yang kaya karbon akan mengurangi N-tersedia dalam tanah untuk sementara waktu, karena mikro-organisme tanah membutuhkan sejumlah C dan N untuk pertumbuhan dan perkembangan mereka. Pupuk kandang biasanya kaya N, sehingga imobilisasi N-tanah sangat minimal. Kalau biomasa jerami kaya C menjadi bagian dominan dari pupuk kandang, maka diperlukan periode dekomposisi (composting) untuk menghindari imobilisasi N-tanah di lapangan.

5. Aplikasi Kompos

Pengomposan adalah teknologi daur ulang bahan organik untuk mencapai produksi pertanian yang meningkat. Proses biologi dan kimia mempercepat laju dekomposisi BO dan mengubah bahan organik menjadi bentuk humus yang lebih stabil.

Kompos dapat diaplikasikan dalam sistem rotasi tanaman dan sistem agroforestry tertentu. Kompos dapat digunakan secara efisien dalam lubang tanam dan pembibitan. Kompos sangat mirip dengan komposisi bahan organik tanah. Kompos mengalami dekomposisi perlahan-lahan dalam tanah dan sangat baik untuk memperbaiki kondisi fisik tanah.

Keberhasilan kompos tergantung pada ketersediaan bahan organik, air, pupuk dan "murah" tenaga kerja. Kalau input-input ini dapat dijamin, kompos dapat menjadi metode penting dari pertanian berkelanjutan dan produktif. Kompos memiliki efek bersifat memperbaiki kesuburan tanah dan fisik, kimia dan sifat biologi tanah.

6. Aplikasi Mulsa atau tumbuhan penutup tanah

Salah satu cara untuk memperbaiki kondisi tanah adalah aplikasi mulsa di permukaan tanah. Mulsa adalah bahan-bahan yang ditempatkan di permukaan tanah untuk melindunginya dari dampak hujan dan erosi tanah, dan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Mulsa sisa tanaman adalah sistem yang mempertahankan tutup pelindung dari residu vegetatif seperti jerami, batang jagung, daun palem dan seresah di permukaan tanah. Sistem ini sangat berharga kalau tanaman penutup tanah tidak dapat dibangun dengan cepat ketika risiko erosi sangat besar (FAO, 1993; FAO, 1995).

Mulsa organik dapat menambahkan bahan organik ke tanah, mengurangi pertumbuhan gulma, dan menghilangkan erosi selama periode tanah ditutupi dengan mulsa. Ada dua sistem mulsa yang lazim digunakan, yaitu: (1) sistem mulsa in-situ, biomasa sisa tanaman tetap di tempatnya di permukaan tanah; (2) sistem mulsa cut-and-carry, biomasa sisa tanaman didatangkan dari tempat lain dan digunakan sebagai mulsa.

Mulsa biomasa sisa tanaman memiliki banyak efek positif terhadap produksi tanaman, meskipun mungkin memerlukan perubahan praktek pertanaman yang ada. Misalnya, petani tidak membakar sisa-sisa panen tanamannya tetapi mengembalikan ke tanah. Mulsa In-situ tergantung pada desain sistem tanam yang tepat dan rotasi tanaman yang sesuai, yang harus diintegrasikan dengan sistem pertanian yang ada. Kebutuhan tenaga kerja yang lebih besar pada sistem mulsa cut-and-carry seringkali menjadi kendala utama. Mulsa mungkin lebih relevan di kebun rumah atau untuk tanaman hortikultura berharga daripada dalam sistem pertanian yang kurang intensif.

Mulsa mempengaruhi kehidupan organism tanah. Holland dan Coleman (1987) menemukan bahwa penempatan sampah di permukaan tanah (bukan dicampur tanah pada saat membajak) meningkatkan rasio jamur/bakteri, alasannya adalah bahwa jamur memiliki efisiensi asimilasi karbon lebih tinggi daripada bakteri. Selain itu, mendorong aktivitas bioturbating (pencampuran) oleh makrofauna tanah yang menarik bahan organik ke dalam lapisan tanah.

d. Menurunkan laju dekomposisi bahan organik tanah (BOT)

1. Olah tanah minimum atau tanpa olah tanah (TOT)

Pengolahan tanah secara berulang-ulang dapat merusak struktur tanah dan potensinya untuk menahan kelembaban, mengurangi jumlah bahan organik dalam tanah, memecah agregat, dan mengurangi populasi fauna tanah seperti cacing tanah yang berkontribusi terhadap hara bersepeda dan struktur tanah. Menghindari gangguan tanah secara mekanik berarti tanaman tumbuh tanpa olah-tanah secara mekanik atau gangguan tanah sejak panen tanaman sebelumnya. Istilah tanpa olah tanah (TOT) digunakan untuk praktek seperti ini, sinonim dengan istilah-istilah seperti pertanian tanpa olah, tidak ada pengolahan tanah, tebar benih langsung, dan penyemaian langsung.

Sistem olah tanah minimum dan tanpa olah tanah memiliki dua keuntungan sehubungan dengan bahan organik tanah. Pengolahan konvensional merangsang aktivitas mikrobiologi heterotrofik melalui aerasi tanah, sehingga meningkatkan laju dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Pemecahan agregat tanah, berarti mengurangi gerakan ke atas dan ke bawah fauna tanah, seperti cacing tanah, yang

bertanggung jawab produksi "humus" melalui konsumsi residu BO segar. Olah tanah minimum (OTM) atau tanpa olah tanah (TOT) mengendalikan aktivitas mikrobiologi heterotrofik karena udara dalam pori lebih kaya CO_2 / O_2 , dan memfasilitasi aktivitas jasad "humifiers" (Pieri et al., 2002).

Pengolahan tanah telah menjadi metode yang paling umum untuk mengendalikan gulma. Namun demikian, mulsa adalah praktek yang lebih ramah lingkungan dibandingkan pengolahan tanah untuk pengendalian gulma. Tanah yang gembur yang dihasilkan dari pengolahan tanah memiliki struktur kurang bagus dari sebelumnya. Hujan lebat setelah pengolahan tanah dapat membentuk lapisan kerak permukaan yang menghambat infiltrasi air hujan, perkecambahan biji dan pertumbuhan akar. Pengolahan tanah lebih lanjut diperlukan kembali untuk mengemburkan tanah. Selain itu, pengolahan tanah ketika tanah terlalu basah atau terlalu kering dapat mengakibatkan pemadatan atau penumbukan tanah; tetapi seringkali petani tidak memiliki pilihan untuk menunggu kondisi kelembaban tanah yang optimal untuk dilakukan pengolahan.

Ancaman erosi tanah dan biaya tenaga kerja dan energi yang terkait dengan metode pembajakan tanah telah menyebabkan adopsi sistem TOT untuk tanam di daerah beriklim sedang dan tropis. Dalam sistem TOT, tanaman ditaburkan ke dalam tanah yang tersisa dari panen tanaman sebelumnya. Mulsa sisa tanaman dipertahankan dan tetap di permukaan tanah. Pengendalian gulma bergantung pada pemotongan atau penutup mekanik tanaman (FAO, 1993).

Dalam sistem OTM atau TOT, fauna tanah melanjutkan kegiatan bioturbating-nya secara bertahap. Hal ini dapat mengemburkan tanah dan campuran komponen tanah (juga dikenal sebagai bio-tillage). Manfaat tambahan dari pengembalian bahan organik tanah adalah penciptaan struktur tanah yang stabil dan porus tanpa biaya mahal, memakan waktu lama dan berpotensi menurunkan penyiangian tanah.

Dalam sistem TOT, aktivitas makrofauna tanah secara bertahap menggabungkan biomasa tanaman penutup dan biomasa residu gulma dari permukaan tanah ke dalam tanah. Aktivitas mikroorganisme juga dipromosikan oleh

aktivitas makrofauna, yang menyediakan bahan makanan dan udara melalui liang-liangnya. Dengan cara ini, hara yang dirilis perlahan dan dapat memberikan suplai hara kepada tanaman berikutnya.

Beberapa peneliti telah menunjukkan bahwa beberapa rotasi tanaman dan TOT mendukung populasi Bradyrhizobia, nodulasi dan dengan demikian fiksasi N₂ dan hasil tanaman (Voss dan Sidirias, 1985, Hungria et al., 1997, Ferreira et al., 2000). Hal ini menunjukkan peningkatan 200-300 persen dalam ukuran populasi bakteri bintil akar dalam sistem TOT dibandingkan dengan pengolahan tanah secara konvensional. Kehadiran legume dalam rotasi tanaman menghasilkan lima kali lipat hingga sepuluh kali lipat ukuran populasi bakteri yang sama dibandingkan dengan sistem tanam tanpa legume.

Sebenarnya, istilah TOT berlaku untuk metode yang melibatkan tidak ada gangguan tanah apapun, suatu kondisi yang mungkin sulit dicapai. Penebaran benih langsung (TABELA) adalah salah satu cara menerapkan TOT. Benih ditebarkan selama biomasa sisa tanaman sebelumnya dan, jika perlu, residu ini “disibak” untuk memastikan bahwa benih jatuh di permukaan tanah.

Dalam TABELA, biji seperti jagung, sorgum, kedelai, gandum dan barley ditabur langsung ke alur-alur dangkal bekas tanaman sebelumnya. Gulma dikendalikan secara mekanis dengan pisau, atau dengan herbisida.

Praktek-praktek tradisional seperti pembakaran biomasa sisa tanaman dapat menghambat pengenalan sistem TOT. Dalam banyak situasi, konflik ada antara meninggalkan sisa tanaman di permukaan tanah atau memanfaatkannya untuk pakan ternak pada musim kemarau ketika kekurangan hijauan pakan ternak.

Kerusakan tanah secara mekanik juga termasuk pemadatan tanah melalui dampak roda mesin, terutama penting dalam pertanian mekanik skala besar. Dalam sistem pertanian TOT, pertimbangan harus diberikan untuk mengurangi penggunaan ALSINTAN untuk olah tanah dan potensi pemadatan oleh injakan kaki-kaki ternak. Pietola, Horn dan Yli-Halla (2003) melaporkan efek destruktif agregat-tanah oleh ternak sapi yang menginjak-injak tanah tanah. Proffitt, Bendotti dan McGarry (1995) menunjukkan hampir total kerugian dari porositas tanah di permukaan tanah sebagai

akibat dari menginjak-injak oleh domba. Ada keyakinan bahwa rancangan hewan menyebabkan degradasi lahan kurang dari traktor. Namun, ada laporan dari pemadatan tanah pada perusahaan pertanian skala kecil di kedua Malawi (Douglas et al. 1999) dan Bangladesh (Brammer, 2000). Kuku draft hewan dan efek geser dari bajak atau cangkul, yang digunakan berulang kali pada kedalaman yang konstan, dapat menyebabkan lapisan dipadatkan parah.

e. Tiga Cara untuk meminimalkan kehilangan lengas tanah

1. Meningkatkan Retensi Air-tanah dengan Menambahkan Bahan Organik ke Tanah.

Kebiasaan petani dan tukang kebun adalah untuk memberi makan tanahnya. Setiap tanah mendapatkan keuntungan dari aplikasi bahan organik, baik yang sudah membusuk maupun yang masih segar, meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kelembaban tanah. Jenis BO yang ditambahkan ke tanah tergantung pada apa yang tersedia secara lokal. Beberapa jenis BO lebih kaya hara daripada yang lain.

Banyak petani dan tukang kebun seringkali lebih senang mengubur bahan organik pada lapisan tanah yang sangat dalam. Sebaiknya mengubur bahan organik pada lapisan tanah atas 20cm, karena zone ini adalah menjadi zone pertumbuhan akar tanaman. Jika bahan organik ditinggalkan di permukaan tanah, biasanya akan dikuburkan oleh cacing tanah ke dalam liang-liangnya.

2. Meminimumkan penguapan air dengan mulsa di permukaan tanah.

Mulsa adalah bahan-bahan yang diletakkan di permukaan tanah untuk menekan pertumbuhan gulma, meminimumkan penguapan air dan, dalam hal mulsa organik, mensuplai makanan mikroba tanah dan memperbaiki struktur tanah. Biomasa karbon biasanya digunakan mulsa organik, seperti potongan rumput dan gulma. Fokus utama dalam jangka pendek adalah untuk menekan pertumbuhan gulma dan menjaga agregasi tanah, kelembaban dan suhu tanah. Mulsa organik juga mampu membantu tanah untuk menyerap air hujan lebih mudah, mengurangi limpasan permukaan air hujan dan dengan demikian meningkatkan kemampuannya untuk mengisi ulang kelembaban tanah.

- Mulsa organik. Mulsa ini melindungi permukaan tanah dari panas matahari, yang meminimumkan penguapan dan membantu mempertahankan kelembaban tanah. Mulsa organik memberikan pilihan yang menarik dan berguna, misalnya serpihan kulit kayu dan jerami sering digunakan sebagai mulsa di bedengan. Lapisan mulsa setebal 5-7,5 cm mampu membantu menjaga tanah yang lembab, dan juga bekerja untuk melindungi tanah sehingga mempertahankan kelembaban yang lebih baik.
- Mulsa anorganik. Plastik dan kain lembaran adalah contoh mulsa anorganik. Kain lembaran terutama digunakan untuk mencegah gulma, sedangkan plastik mencegah gulma dan mempertahankan kelembaban tanah. Hampir tidak ada uap air yang hilang melalui penguapan dengan mulsa plastik, namun air hujan dan air irigasi juga tidak dapat menembus mulsa plastik. Sistem irigasi tetes melalui lubang plastik memasok kelembaban yang diperlukan, dan tanaman tumbuh melalui lubang yang dibuat pada mulsa plastik. Bedengan yang diberi mulsa plastik seringkali membutuhkan lebih sedikit air irigasi, karena sedikit uap air yang hilang menguap.

3. Mengendalikan Gulma.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghemat air tanah adalah menyang gulma, terutama gulma perennial yang mengakar cukup dalam. Biomasa gulma semusim dan gulma perennial dapat dibiarkan di permukaan tanah untuk mongering di panas matahari, sehingga dapat berfungsi sebagai mulsa organik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pengelolaan tanah dalam system tanam cabai tumpangsari, semi organik dan anorganik mengakibatkan perbedaan sifat-sifat fisika tanah. Pola pengelolaan lahan cabai tumpangsari memberikan pengaruh yang lebih baik dalam hal ketahanan penetrasi tanah, kemampuan tanah menyimpan air tersedia, bobot isi tanah, porositas tanah, stabilitas agregat, dan kandungan bahan organik tanah, dibandingkan dengan pengelolaan tanah dalam system tanam cabai semi organik dan anorganik.
2. Pengelolaan lahan tumpangsari berpengaruh lebih baik terhadap sifat fisik tanah daripada pengelolaan lahan semi organik dan anorganik, dan menghasilkan buah cabai lebih banyak.

5.2. Saran

Pengelolaan lahan dengan tanaman penutup tanah dikombinasi dengan penambahan bahan organik berupa pupuk kompos disarankan sebagai salah satu metode yang mudah diaplikasikan untuk menjaga keberlanjutan suatu lahan tanaman cabai.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1983. Dasar-Dasar Bercocok Tanam. Kanisius. Yogyakarta.
- Achmad-Kuncoro, Engkos dan Ridwan. 2008. Análisis jalur (Path Análisis). Edisi ke dua, Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Agus, C., W.Dewi dan P.Daryono . 2008. Petunjuk Praktikum Ilmu Tanah Hutan. Laboratorium Tanah Hutan, Jurusan Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM, Jogjakarta.
- Akanbi,W.B., A.O.Togun, O.A.Olaniran, J.O.Akinfasoye dan F.M.Tairu. 2007. Physico-chemical properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit in response to nitrogen fertilizer and fruit size. Agr. J.,2(1):140-148.
- Akintoye,H.A., A.A.Kintomo dan A.A.Adekunle. 2009. Yield and fruit quality of watermelon in response to plant population. Int. J.Veg. Sci., 15(4): 369-380.
- Aktas, H., K.Abak dan I.Cakmak. 2006. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. Sci. Hort., 110:260–266.
- Aliyu, L. 2002 Growth and yield of pepper (*Capsicum annum* L.) as affected by nitrogen and phosphorus application and plant density. Department of Agronomy, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria. Crop Research Hisar., 23 (3): 467-475.
- Aminifard,M.H., H.Aroiee, A.Ameri dan H. Fatemi. 2012. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). African Journal of Agricultural Research, 7(6): 859-866.
- Antony, E. dan R.B.Singandhupe. 2004. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annum* L.). Agricultural Water Management, 65(2): 121-132.
- Arbiwati, D. 2000. Kajian Peranan Beberapa Macam Kompos Gulma air Terhadap Agregasi Tanah Inceptisol Kasar dan Vertisol. Jurnal Tanah dan Air, 1(2): 27-36.
- Arsyad, S, 1989. Konservasi Tanah dan Air. Institut Pertanian Bogor Press., Bogor.
- Arvidson, J. 1998. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density , air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. Soil and Tillage Research, 49: 159-170.

- Augusty, F. 2006. Metode Penelitian Manajemen. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Aujla, M.S., H.S.Thind dan G.S.Buttar. 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. J. Sci.Hortic., 112:142–148.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Produksi Sayuran di Indonesia tahun 2012-2013. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Baharudin dan M.Djafar. 2005. Kajian Penggunaan Bahan Organik Dalam Peningkatan Produktivitas Lahan Dan Tanaman Di Daerah Beriklim Kering. Soil Environment, 3(2): 41-51.
- Balakrishnan, K. 1999. Studies on nutrients deficiency symptoms in chilli (*Capsicum annum* L.). Dept. of Crop Physiology, Horticultural College and Research Institute (TNAU), Periyakulam-625604, India. Indian Journal of Plant Physiology, 4(3): 229-231.
- Bakri. 2001. Pengaruh Kompos Sampah Kota Terhadap Beberapa Sifat Fisik Inceptisol dan Hasil Jagung (*Zea mays* L). Agrista., 5(2): xx.
- Ball, B.C., D.J.Campbell, J.T.Douglas dan J.K.Henshall. 1997. *Soil Structural Quality, Compaction and land Management* : Ueropean Journal Of Soil Science, 48: 593-601.
- Bar, T.A., B.Aloni, L.Karin dan R.Rosenberg. 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper: Effects of nitrogen concentration and NO₃:NH₄ ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. J. Hort. Sci., 36: 1525-1529.
- Barzegar, A.R., A.Yousefi dan A.Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. Plant and Soil, 247: 295-301.
- Basela O. dan A.Mahadeen. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). J. Agr.Biol., 10(6): 627–632.
- Baver, L.D., W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley, New York.

- Bell, M.J., P.W.Moody, S.A.Yo dan R.D.Connolly. 1999. Using active fractions of soil organic matter as indicators of the sustainability of Ferrosol farming systems. *Aust. J. Soil Res.*, 37: 279-287.
- Bengamin, J.G., D.C.Nielsen dan M.F.Vigil. 2003. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. *Geoderma*, 116: 137-148.
- Bhuvanewari, G., R. Sivaranjani, S. Reetha dan K. Ramakrishan. 2014. Application of nitrogen fertilizer on plant density, growth, yield and fruit of bell peppers (*Capsicum annum L.*). *International Letters of Natural Sciences*, 8(2): 81-90.
- Blair,N., R.D.Faulkner, A.R.Till dan K.E.Prince. 2003. The impact of plant residues with different breakdown rates on soil carbon and soil structure. *In: Proc. 16th ISTRO Conference*, pp. 175-181. 13-18 July 2003, Brisbane, Australia.
- Blanco-Canqui,H. dan R.Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28: 139-163.
- Boonlue,S., W. Surapat, C. Pukahuta, P. Suwanarit, A. Suwanarit dan T. Morinaga. 2012. Diversity and efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from organic chili (*Capsicum frutescens*) farms. *Mycoscience*, 53(1): 10-16.
- Bowen P. dan B.Frey. 2002. Response of plasticulture bell pepper to staking, irrigation frequency and fertigated nitrogen rate. *J. Hort. Sci.*, 37: 95-100.
- Brady,N.C. dan R.R.Weil. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. Thirteenth Edition. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 960 p.
- Brammer, H. 2000. Ploughpans and tillage problems. *In: Agroecological aspects of agricultural research in Bangladesh*. pp. 151-158. Dhaka, UPL.
- Bronick, C.J. dan R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 24: 3-22.
- Buckman, H.O. dan N.C.Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Bhatara Karya Angkasa, Jakarta.
- Cahyonoagus. 2008. Bahan Organik tanah.<http://elisa.ugm.ac.id/files/cahyonoagus/2jXCfyXq/> BAHAN%20ORGANIK%20TANAH.doc. Diakses 2 Februari 2015.
- Calegari, A., M.R.Darolt dan M.Ferro. 1998. Towards sustainable agriculture with a no-tillage system. *Adv. Geo. Ecol.*, 31: 1205-1209.

- Campiglia, E., E. Radicetti dan R. Mancinelli. 2012. Weed control strategies and yield response in a pepper crop (*Capsicum annuum* L.) mulched with hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) and oat (*Avena sativa* L.) residues. *Crop Protection*, 33: 65-73.
- Campos, H., C. Trejo, C.B. Peña-Valdivia, R. García-Nava, F.V. Conde-Martínez dan M.R. Cruz-Ortega. 2014. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 98: 56-64.
- Casado-Vela, J., S. Sellés, C. Díaz-Crespo, J. Navarro-Pedreño, J. Mataix-Beneyto dan I. Gómez. 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (*Capsicum annuum* var. *annuum*) grown under two exploitation regimes. *Waste Management*, 27(11): 1509-1518.
- Castro-Filho, C., O. Muzilli dan A.L. Podanoschi. 1998. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev. Bras. Ciên. Solo*, 22: 527-538.
- Cavero, J., R.O. Gill dan M. Gutierrez. 2001. Plant density affects yield, yield components and colour of direct-seed paprika pepper. *J. Hort. Sci.*, 361(1): 76-79.
- Chartzoulakis, K. dan G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hort.*, 86: 247-260.
- Chaudhary, A.S., S.K. Sachan dan R.L. Singh. 2007. Effect of spacing, nitrogen and phosphorus on growth and yield of capsicum hybrid. S.V.B.P. Ag. & Tech., Krishi Gyan Kendra, Izatnagar, Bareilly (U.P.), India. *International Journal of Agricultural Sciences*. 3(1): 12-14.
- Chauhan, V.L., R.V. Singh dan M. Raghav. 2005. Optimum nitrogen and phosphorus fertilization in hybrid Capsicum. Department of Vegetable Science, GBPUAT Hill Campus, Ranichauri 249 199 (Uttaranchal), India. *Vegetable Science*, 32 (2): 200-202.
- Das, T.K. dan B.S. Rath. 1992. Effect of different levels of N and P on the yield of transplanted (irrigated) chili (*Capsicum annuum* L.) Vegetable Improvement Project, Research Wing, O.U.A.T., Bhubaneswar, India. *Orissa Journal of Agricultural Research*, 5(3/4): 194-196.
- Deptan. 2005. Kandungan bahan Organik. <http://ntb.litbang.deptan.go.id/2005.doc>. Diakses 5 januari 2015.

- Dorji,K., M.H. Behboudian dan J.A. Zegbe-Domínguez. 2005. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae*, 104(2): 137-149.
- Douglas,M.G., S.K.Mughogho, A.R.Saka, T.F.Shaxson dan G.Evers. 1999. Report on an investigation into the presence of a cultivation hoe pan under smallholder farming conditions in Malawi. Investment Centre Division FAO/World Bank Cooperative Programme. Washington, DC, World Bank.
- Elliot,L.F. dan J.M. Lynch. 1984. The effect of available carbon and nitrogen in straw on soil and ash aggregation and acetic acid production. *Plant Soil*, 78: 335-343.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation, FOA Soil Bull. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division. FAO Soil Bulletin No. 52. FAO-UNO, Rome
- FAO. 1993. Soil tillage in Africa: needs and challenges. FAO Soils Bulletin No. 69. Rome.
- FAO. 1994. Land husbandry. Components and strategy. FAO Soils Bulletin No. 70. Rome.
- FAO. 1995. Tillage systems in the tropics. Management options and sustainability implications. FAO Soils Bulletin No. 71. Rome.
- Ferreira, M.C., D.S.Andrade, L.M.O.Chueire, M.Takemura dan M.Hungria. 2000. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 627-637.
- Foth,D.H. 1994. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Foth, D.H. 1998. Dasar-dasar Ilmu Tanah. UGM Press. Yogyakarta
- Gene, M. 2002. Influence of plant population on transplanted processing Tomatoes in the Lower Sacramento Valley. *Acta Hort.*, 613: 107-109
- Gezerel, O. dan F.Donmez. 1988.. The effect of slow release fertilizers on the yield and fruit quality of vegetable crops growing in the Mediterranean areas of Turkey. *Acta Horticulturae*, 272: 63-69.
- González-Dugo,V., F. Orgaz dan E. Fereres. 2007. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Scientia Horticulturae*, 114(2): 77-82.

- Gupta, V.V.S.R. dan J.J.Germida. 1988. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biol. Biochem.*, 20: 777-786.
- Guohua Xu, W.Shmuel dan U.Kafkafi. 2001. Effect of varying nitrogen from and concentration during growing season on sweet pepper flowering and fruit yield. *J. Plant Nutr.*, 24(11): 1099-1116.
- Guzman, J.G. 2013. Evaluation of residue management practices effects on corn productivity, soil quality, and greenhouse gas emissions" (2013). A dissertation submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy. Iowa State University. Ames, Iowa. Graduate Theses and Dissertations. Paper 12999.
- Hairiah, K., Widiyanto, S. R.Utami, D.Suprayogo, Sunaryo, S.M.Sitompul, B.Lusianan, R.Mulia, M.V. Noorwijk dan G.Cadisch. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi Pengalaman Dari Lampung Utara*. ICRAF. Bogor.
- Hakansson, I., W.B.Voorhees dan H.Riley. 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop responses in different traffic regimes. *Soil & Tillage Research*, 11: 239-282.
- Handayanto, E. dan K.Hairiah. 2007. *Biologi Tanah*. Pustaka Adipura, Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Harpenas, A. dan R. Dermawan. 2010. *Budidaya Cabai Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hasan, H.R. 1978. Effect of nitrogenous fertilizer on yield and nutrient uptake in *Capsicum annum L.* Ph.D. Thesis, IARI, New Delhi, India.
- Hassanuzzaman, S.M. 1999. Effect of hormone on yield of bell pepper (*Capsicum annum L.*) M. S. Thesis, Submitted to the Department of Horticulture, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.
- Hewindati, Yuni Tri. 2006. *Hortikultura*. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Hillel, D. 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Press, New York.

- Holland, E.A. dan D.C.Coleman. 1987. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agro-ecosystem. *Ecology*, 68: 425-433.
- Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil Wat. Con.*, 49(2): 189-194.
- Hungria, M., D.S.Andrade, E.L.Balota dan A.Collozzi-Filho, A. 1997. Importância do sistema de semeadura directa na população microbiana do solo. Comunicado Técnico 56. Londrina, Brazil, EMBRAPA-CNPSo. 9 pp.
- Islami, T. dan W.H.Utomo, 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Ismunandar, S. 1991. Pengelolaan tanah Pada Lahan Kering. Universitas Brawijaya. Malang.
- Jaimez,R.E., F. Rada dan C. García-Núñez. 1999. The effect of irrigation frequency on water and carbon relations in three cultivars of sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq), in a tropical semiarid region. *Scientia Horticulturae*, 81(3): 301-308.
- Jovicich,E. dan D.L.Cantliffe. 2003. Reduced fertigation of soilless greenhouse peppers improves fruit yield and quality . *Acta Hort.*, 609: 193-199.
- Juo, A.S.R and K.Franzluebbers. 2003. Tropical Soils. Oxford University Press, New York.
- Khan, A.R. 2002. Mulching Efection Soil Physical Properties and Peanut Production. *J. Agron.*, 6(2): 113-118.
- Khasmakhi-Sabet, A. Sh.Sedaghatoor, J.Mohammady dan A.Olfati. 2009. Effect of plant density on Bell pepper yield and quality. *Int. J. Veg. Sci.*, 15: 264-271.
- Kulkarni,M. dan S. Phalke. 2009. Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annum* L.) under water stress. *Scientia Horticulturae*, 120(2): 159-166.
- La,An.2007. Segitiga Tekstur. <http://mbojo.wordpress.com/2007/08/15/segitiga-tekstur/> akses 20 agustus 2014.
- Law, O.K. dan E.Egharevba. 2009. Effects of planting density and NPK fertilizer application on yield and yield components of tomato (*Lecopersicum esculentum* Mill) in forest Location. *World J. Agric. Sci.*, 5(2):152-158

- Liang, Y.-L., X. Wu, J.-J. Zhu, M.-J. Zhou dan Q. Peng. 2011. Response of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) to mulching practices under planted greenhouse condition. *Agricultural Water Management*, 99(1): 111-120.
- Lipiec, L. dan C. Simota. 1994. Role of soil and climate factors in influencing crop responses to soil compaction in Central and Eastern Europe. Dalam: 'Soil Compaction in Crop Production' Soane, B.D. and van Ouwerkerk, C. (Eds.). p. 365-390. Elsevier, Amsterdam.
- Liu, H., H. Yang, J. Zheng, D. Jia, J. Wang, Y. Li dan G. Huang. 2012. Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China.
- Maas, E.V. dan G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance—Current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.*, 103:115-134.
- Madeira, A.C. dan A. de Varennes. 2005. Use of chlorophyll 1 meter to assess the effect of nitrogen on sweet pepper development and growth. *J. Plant Nutr.*, 28(7): 1133-1144.
- Magdatena V. C., 2003. Salinity and nitrogen rate effects of the growth and yield of chille pepper plants. *J. Soil Sci.*, 67:1781-1789
- Mariana, H. 2006. Pengaruh Kompos Ampas Tapioka dan Pemberian Air Terhadap Ketersediaan Air dan Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Entisol Wajak Malang Selatan. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. (tidak dipublikasi)
- Miranda, F.R., R.S. Gondim dan C.A.G. Costa. 2006. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Agricultural Water Management*, 82(1-2): 237-246.
- Miyamoto, S., G. Niu dan I. Martinez. 2010. Salinity and specific ion effects on onion establishment in relation to disposal of desalting concentrates. *Desalination and Water Treatment*, 16: 381-392.
- Miyamoto, S., K. Piela dan J. Petticrew. 1986. Seedling mortality of several crops induced by root, stem or leaf exposure to salts. *Irrig. Sci.*, 7: 97-106.
- Moch. Nazir. 2003. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Morales-Garcia, D., K.A. Stewart, P. Seguin dan C. Madramootoo. 2011. Supplemental saline drip irrigation applied at different growth stages of two bell pepper cultivars grown with or without mulch in non-saline soil. *Agricultural Water Management*, 98(5): 893-898.

- Müller-Sämman, K. 1986. *Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft. Eine Studie über Massnahmen und Methoden im Tropischen Pflanzenbau.* Schriftenreihe der GTZ No. 195. Eschborn, Germany.
- Narayan, R., Magray, G. H., Ahmed, N. dan A.Samanta. 2004. Effect of organic manures on nutrient uptake and quality of capsicum (*Capsicum annum* var. grossum L.). *Horticultural Journal*, 17 (2): 141-144.
- Nasto TH, Balliu A, Zeka N (2009). The influence of planting density on growth characteristics and fruit yield of peppers (*Capsicum annum* L.). *Acta Hort.*, 830: 906-912.
- Nasto, T.H., A.Balliu dan N.Zeka. 2009. The influence of planting density on growth characteristics and fruit yield of peppers (*Capsicum annum* L.). *Acta Hort.* (ISHS), 830: 609-912
- Niu, G., D.S.Rodriguez, R. Cabrera, J. Jifon, D. Leskovar dan K. Crosby. 2010. Salinity and Soil Type Effects on Emergence and Growth of Pepper Seedlings. *Hort. Science*, 45(8): 1265-1269.
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif.* Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nurhidayah. 2000. *Evaluasi Model Infiltrasi Horton dengan Metode Teknik Constant Head melalui Pendugaan Beberapa Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Pengelolaan Lahan.* Tesis. Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang. (tidak dipublikasi).
- Nyambilila, A. dan R.B. Kristofor. 2008. Residue management practice effects on soil penetration resistance in a wheat-soybean double-crop production system. *Soil Science*, 173(11): 779-791.
- Ozaki, K. dan S.Hortenstine. 1963. Effect of phosphorus on yield and quality in chilli (*Capsicum annum* L.). Department of Agronomy, College of Agriculture, Dimlau, Argentina. *Vegetable Science*, 25(2): 144-145.
- Pagamas, P. dan E. Nawata. 2008. Sensitive stages of fruit and seed development of chili pepper (*Capsicum annum* L. var. Shishito) exposed to high-temperature stress. *Scientia Horticulturae*, 117(1): 21-25.
- Pasternak, D. dan Y.D.Malach. 1994. *Handbook of plant and crop stress, Crop irrigation with saline water*, ed Pessaraki M. (Marcel Dekker, New York, NY), pp 599-622.

- Pervez M. A., C.M.Ayub, A.Bashart, A.V.Nave dan M.Nasir. 2004. Effect of nitrogen levels and spacing on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). *Int J. Agric.Biol.*, 6(3): 504-506
- Pezeshki,S.R. dan F.J. Sundstrom. 1988. Effect of soil anaerobiosis on photosynthesis of *Capsicum annuum* L. *Scientia Horticulturae*, 35(1-2): 27-35.
- Pierce, F.J., M.C.Fortin dan M.J.Statton. 1994. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 1782-1787.
- Pieri, C., Evers, G., Landers, J., O'Connel, P. & Terry, E. 2002. *No till farming for sustainable rural development*. Agriculture and Rural Development Working Paper. Washington, DC, World Bank. 65 pp.
- Pietola,L., R.Horn dan M.Yli-Halla. 2003. Effects of cattle trampling on soil hydraulic and mechanical properties. *In: Proc. 16th ISTRO Conference*, pp. 923-928. 13-18 July 2003, Brisbane, Australia.
- Proffitt, A.P.B., S.Bendotti dan D.McGarry. 1995. A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effects on soil physical characteristics. *Soil Till. Res.*, 35: 199-210.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2003. *Usahatani pada Lahan Kering*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Bogor.
- Qawasmi W., J.M.Munir, H.Najim dan Q.Remon . 1999. Response of bell pepper grown inside plastic houses to nitrogen fertigation. *J.Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 30(17): 2499-2509.
- Quiroga, A.R., D.E.Buschiazzo dan N.Peinemann. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil Till. Res.*, 52: 21-28.
- Radicetti,E., R. Mancinelli dan E.Campiglia. 2013. Impact of managing cover crop residues on the floristic composition and species diversity of the weed community of pepper crop (*Capsicum annuum* L.). *Crop Protection*, 44: 109-119.
- Rahardjo, P. 2001. *Peranan Beberapa Macam Sumber dan Dosis Bahan Organik terhadap ketersediaan Air bagi Tanaman*. Pusat Penelitian The dan Kina. Gambung.
- Rahmawati, L. 2008. *Pengaruh Pemberian Kompos Dan Pupuk N Terhadap Beberapa Sifat Fisik Tanah, Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi Pada Inceptisol Tlekung Malang*. Skripsi. (tidak dipublikasi)

- Rasool,R., S.S.Kukul dan G.S.Hira. 2008. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize–wheat system. *Soil Till. Res.*, 101: 31-36.
- Reichert,J.M., V.R.daSilva dan D.J.Reinert. 2004. Soil moisture, penetration resistance, and least limiting water range for three soil management systems and black beans yield. *Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions. ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004. Paper No. 721 page 1-4.*
- Reicosky, D.C. 2005. Alternatives to mitigate the greenhouse effect: emission control by carbon sequestration. *In: Simpósio sobre Plantio direto e Meio ambiente; Seqüestro de carbono e qualidade da agua*, pp. 20-28. Anais. Foz do Iguaçu, 18-20 de Maio 2005.
- Rismunandar. 2001. Air, Fungsi dan Kegunaannya Bagi Pertanian. Sinar baru. Yogyakarta.
- Roy,S.S., M.S.I. Khan dan K.K.Pall. 2011. Nitrogen and Phosphorus Efficiency on the Fruit Size and Yield of Capsicum. *Journal of Experimental Sciences*, 2(1): 32-37.
- Sarjiman. 2004. Fungsi Bahan Organik Dalam Pembentukan Dan Penyanggaan Iklim Tanah Lahan Kering. *Jurnal Tanah Dan Air*, 5(2): xx.
- Setiawan, B. 2004. Pengeruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Kelas Kesesuaian Lahan Tanaman Apel (*Mallus syvestris* Mill) di Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. Skripsi. (tidak dipublikasi)
- Sezen,S.M., A.Yazar dan S. Eker. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. *Agricultural Water Management*, 81(1-2): 115-131.
- Shao,G.C., Z.Y.Zhang, N. Liu, S.E.Yu dan W.G.Xing. 2008. Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial rootzone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. *Scientia Horticulturae*, 119(1): 11-16.
- Sharma, B.R., A.P.S.Chadha dan H.K.Bajpai. 1996. Response of chilli (*Capsicum annum* Lin.) to nitrogen and phosphorus levels under irrigated condition. *Advances in Plant Sciences*, 9(2): 213-214.
- Shongwe,V.D., B.N.Magongo, M.T.Masarirambi dan A.M.Manyatsi. 2010. Effects of irrigation moisture regimes on yield and quality of paprika (*Capsicum*

- annuum* L). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 35(13–14): 717-722.
- Shrestha,D., A.Srivastava, S.M.Shakya, J.Khadka dan B.S.Acharya. 2013. Use of compost supplemented human urine in sweet pepper (*Capsicum annum* L.) production. *Scientia Horticulturae*, 153: 8-12.
- Shrivastava, A. K. 1996. Effect of fertilizer levels and spacings on flowering, fruit set and yield of sweet pepper (*Capsicum annum* var. *grossum* L.) cv. Hybrid Bharat. *Advances in Plant Sciences*, 9 (2): 171-175.
- Shrivastava,A.K. 1996a. Effect of fertilizer levels and spacings on flowering, fruit set and yield of sweet pepper (*Capsicum annum* var. *grossum* L.) cv. Hybrid Bharat. *Advances in Plant Sciences*, 9 (2): 171-175.
- Silva, A.P., B.D.Kay dan E.Perfect. 1994. Characterization of the least limiting water range. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1775-1781.
- Singh, D.K. dan S.K.Jain. 2004. Interaction effect of nitrogen and phosphorus on yield and economics of chilli (*Capsicum annum* L.), cv. Pant C-1. *Scientific Horticulture*, 9: 97-100.
- Singh, S.K., B.Rai, J.P.Srivastava, M.B.Singh dan R.Rai. 2000. Nitrogen nutrition and plant population management on dwarf chilli (*Capsicum annum* L.). Vegetable Research Station, Kalyanpur, Kanpur-208024, India. pp. 184-185.
- Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil Tillage Res.*, 16:179–201.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Srivastava,B.K., M.P.Singh dan Kamal-Joshi. 2003. Standardization of nitrogen and phosphorus requirement for capsicum hybrid. **Progressive Horticulture**, 35(2): 202-204.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND. Alfabeta, Bandung.
- Sunaryono, H. dan Rismunandar. 1984. Kunci Bercocok Tanam Sayuran-Sayuran Penting Di Indonesia. Sinar Baru. Bandung.

- Suriadi, A. dan Moh.Nazam. 2005. Penilaian Kualitas Tanah Berdasarkan kandungan Bahan Organik (Kasus Kabupaten Bima). *BPTP NTB* <http://ntb.litbang.deptan.go.id/2005/SP/penilaian.doc>. Diakses 2 Februari 2015.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta.
- Sutedjo, M.M. dan A.G.Kartasapoetra. 1988. Pengantar Ilmu Tanah. Bina Aksara. Jakarta.
- Syukur dan Indah. 2006. Kajian Pengaruh Pemberian Macam Pupuk Organik dan Hasil tanaman Jahe di Inceptisol, Karanganyar. *Jurnal IT dan Lingkungan* , 6 (2): xx.
- Tambunan, W.A. 2008. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya Dengan Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*, Jacq) di Kebun Kwala Sawit PTPN II. Tesis . (tidak dipublikasi)
- Tan, K. 1991. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Taylor,H.M., G.M.Roberson dan J.J.Parker Jr. 1966. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. *Soil Science*, 102: 18-22.
- Tian,S.-L., B.-Y. Lu, Z.-H.Gong dan S.N.M.Shah. 2014. Effects of drought stress on capsanthin during fruit development and ripening in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agricultural Water Management*, 137: 46-51.
- Tisdall, J.M. dan J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33: 141-163.
- Tjahjadi, N. 1991. Seri Budidaya Cabai. Kanisius. Yogyakarta. 47 Hal.
- Tumbare,A.D. dan D.R.Niikam. 2004. Effect of planting and fertigation on growth and yield of green chili (*Capsicum annuum*). *Indian J. Agric. Sci.*, 74: 242-245.
- Turner,L.B. 1985. Changes in the Phosphorus Content of *Capsicum annuum* Leaves during Water Stress. *Journal of Plant Physiology*, 121(5): 429-439.
- Uddin, M.K. dan K.M.Khalequzzaman. 2003. Yield and yield component of winter chilli (*Capsicum annuum* L.) as affected by different levels of nitrogen and boron. *Pakistan J. Bio. Sci.*, 6 (6): 605-609.
- Umbroh, A. H. 2002. Petunjuk Penggunaan Mulsa. Penebar Swadaya. Jakarta

- Unger, P.W. 1978. Straw-mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 486-491.
- USDA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA Agric. Handbook No. 60, eds. Richards L.A. (U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC).
- Utomo, W. H., 1989. Konservasi Tanah di Indonesia. Suatu Rekaman dan Analisis Tropika. UGM Press, Yogyakarta.
- Utomo, W.H. 1995. Dasar-dasar Fisika Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Vos, J.G.M. dan A.S. Duriat. 1995. Hot pepper (*Capsicum* spp.) production on Java, Indonesia: toward integrated crop management. *Crop Protection*, 14(3): 205-213.
- Vos, J.G.M., T.S. Uhan dan R. Sutarya. 1995. Integrated crop management of hot pepper (*Capsicum* spp.) under tropical lowland conditions: Effects of rice straw and plastic mulches on crop health. *Crop Protection*, 14(6): 445-452.
- Voss, M. dan N.Sidirias. 1985. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20: 775-782.
- Whitbread, A.M., R.D.B. Lefroy dan G.J. Blair. 1998. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in north-western New South Wales. *Aust. J. Soil Res.*, 36: 669-681.
- Wiedenhoeft, A.C. 2006. Plant nutrition. Hopkins WG (Eds) *The green world*, Chelsea House publisher, New York. Pp. 16-43.
- Yodpetch, C. 1997. Study on the optimum fertilizer rates on yield and quality of three long cayenne peppers (*Capsicum annum* L.). Rajamangala Institute of Technology, Faculty of Agriculture, Bang Phra, Chonburi 20210, Thailand., 32 (5 Suppl.): 37-45.
- Zayed, M.S., M.K.K. Hassanein, N.H. Esa dan M.M.F. Abdallah. 2013. Productivity of pepper crop (*Capsicum annum* L.) as affected by organic fertilizer, soil solarization, and endomycorrhizae. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(2): 131-137.
- Zhu, J.-J., Q. Peng, Y.-li Liang, X. Wu dan W.-lin Hao. 2012. Leaf Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence, and Fruit Yield in Hot Pepper (*Capsicum annum*)

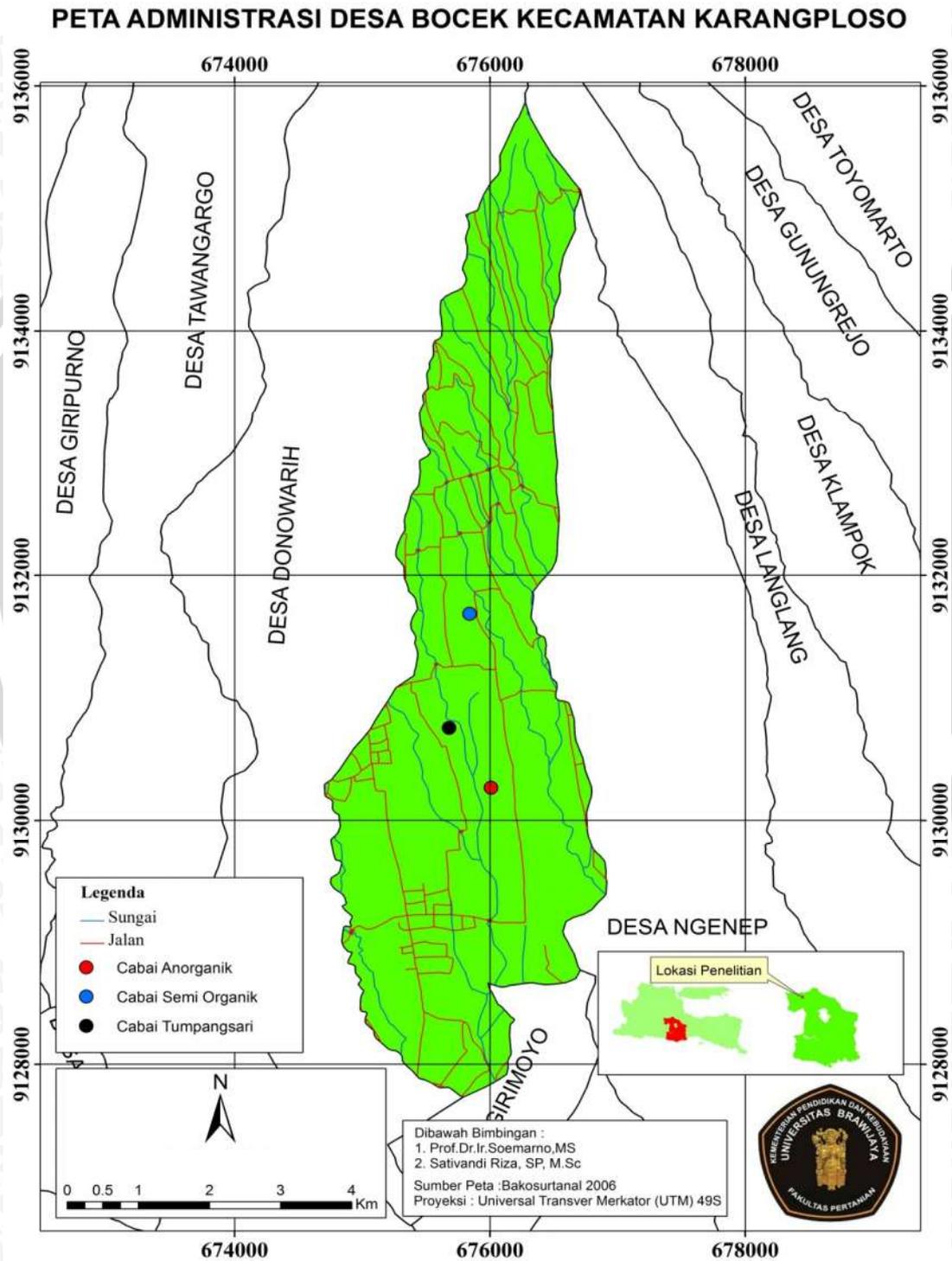
L.) Grown Under Different Shade and Soil Moisture During the Fruit Growth Stage. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(6): 927-937.

Zhu, J.H., X.L.Li, P.Christie dan J.L.Li. 2005. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 111(1-4): 70-80.

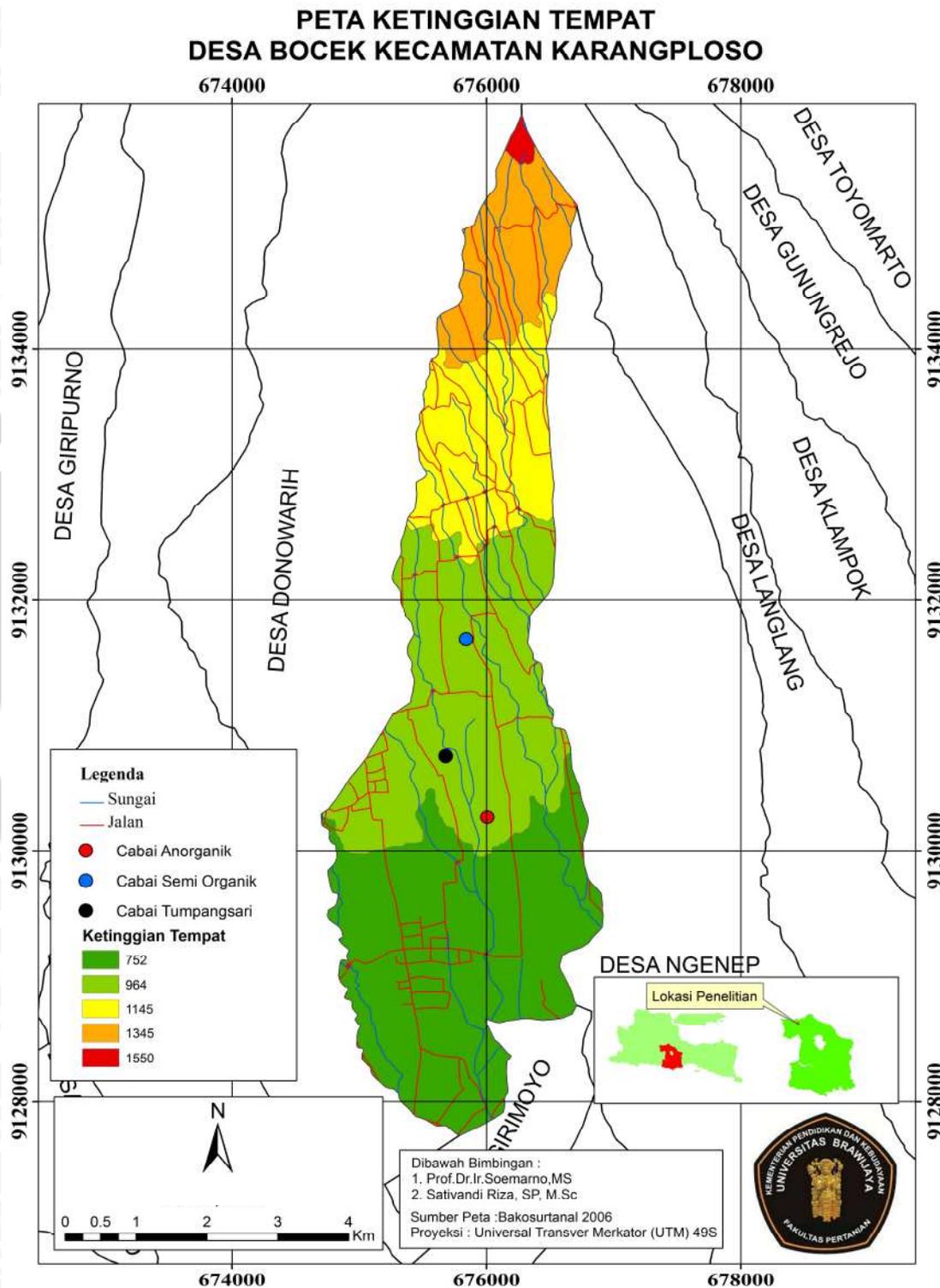


LAMPIRAN

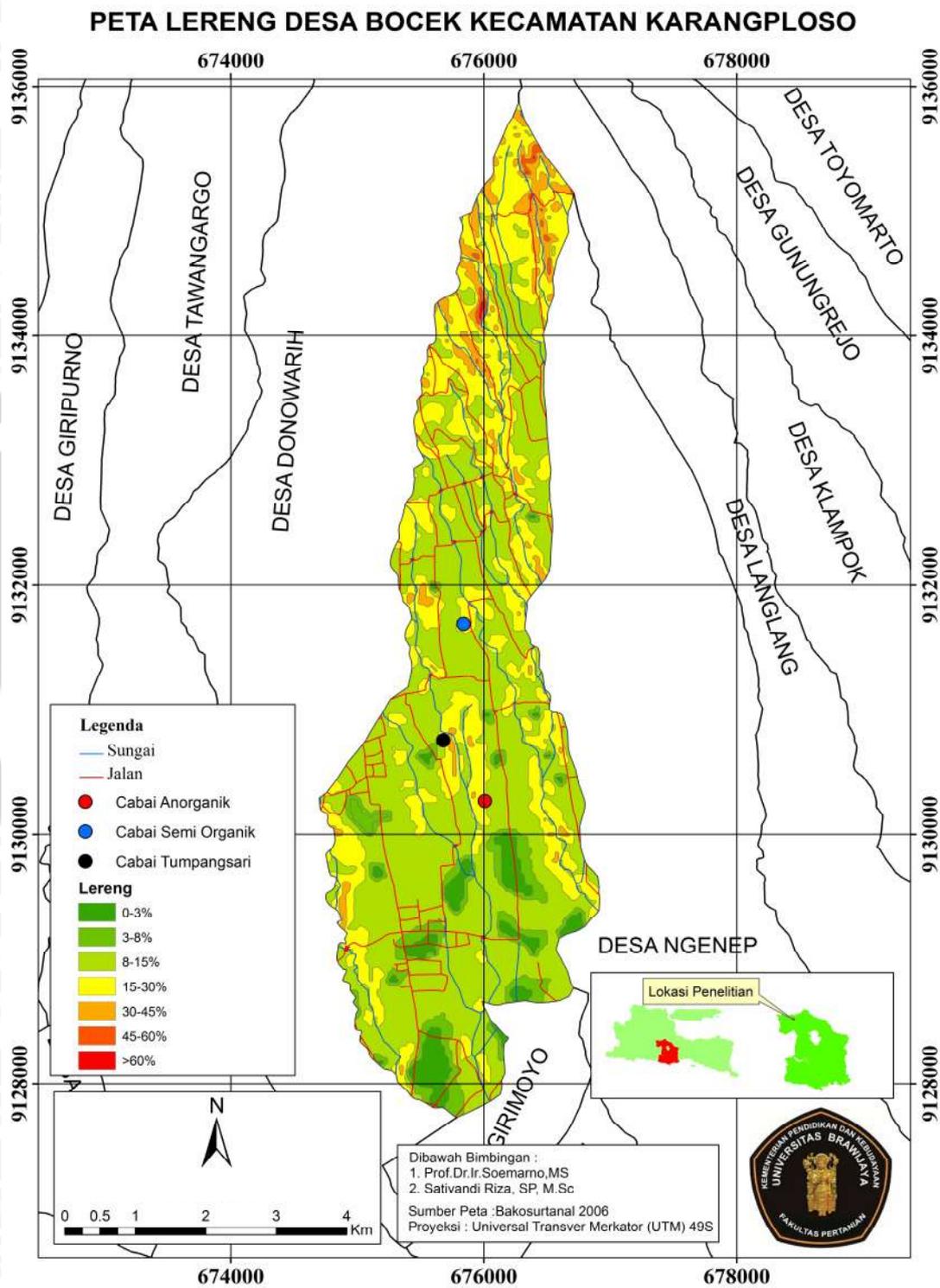
Lampiran 1. Peta Lokasi Pengamatan Desa Bocek Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang



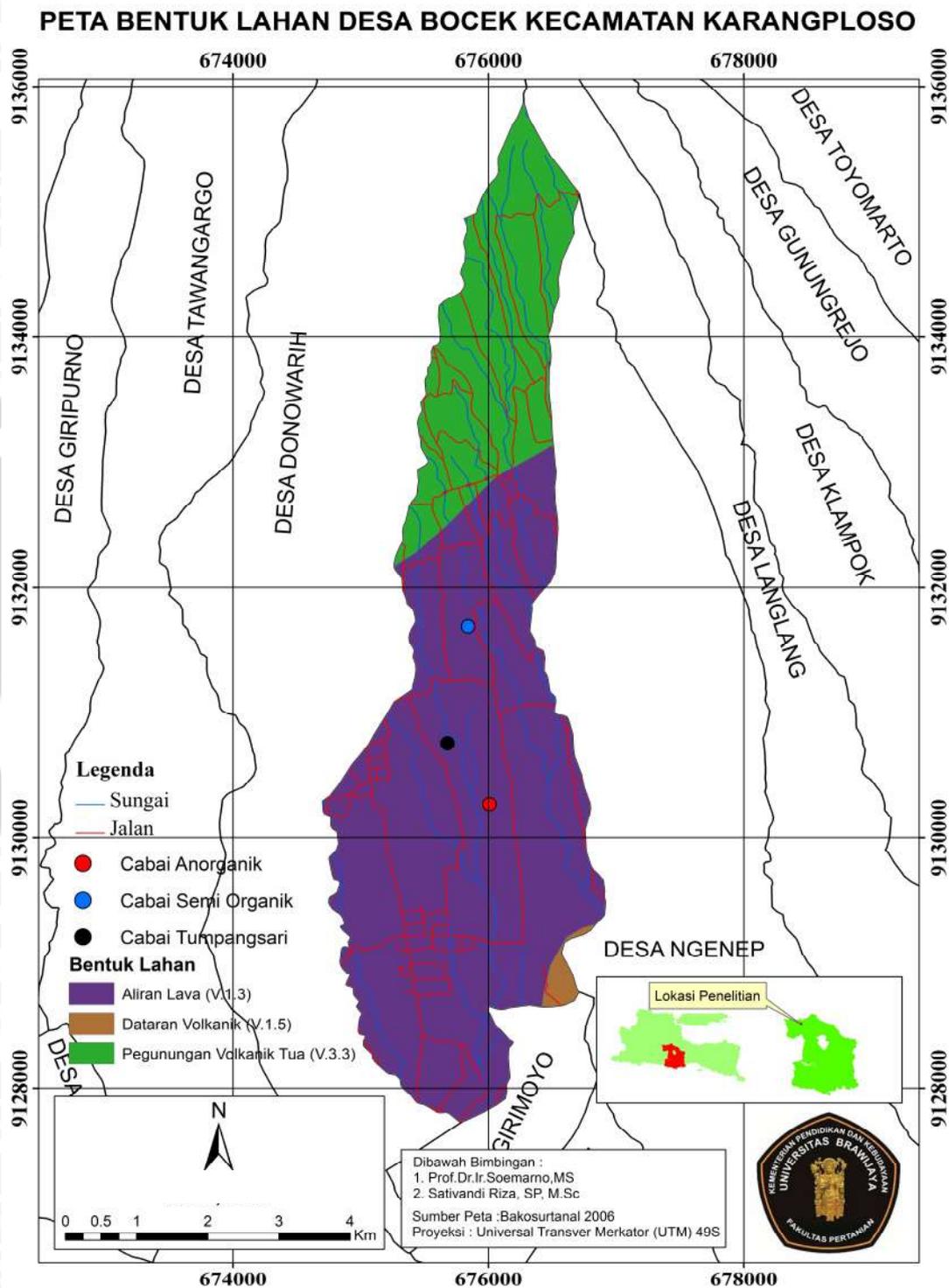
Lampiran 2. Peta Ketinggian Tempat



Lampiran 3. Peta Lereng



Lampiran 4. Peta Bentuk Lahan



Lampiran 5. Tabel Sifat Fisik Tanah Pada Berbagai Pengelolaan Lahan

Sampel	Kode	BI	BJ	KHJ	Porositas	Kapasitas Air tersedia	Idek DMR	Tekstur			Kelas	Penetrasi	C-Organik
		g cm ⁻³	cm jam ⁻¹	%				% pasir	% debu	% liat			
1	CAO	1,27	2,35	4,89	48,22	0,05	0,65	26	37	37	lempung berliat	1,56	1,14
2	CAO	1,24	2,39	4,21	45,70	0,14	0,63	24	40	36	lempung berliat	1,68	1,15
3	CAO	1,42	2,44	4,81	41,51	0,13	0,64	23	42	35	lempung berliat	1,5	1,07
4	CSO	1,28	2,27	5,34	45,30	0,09	0,74	25	43	32	lempung berliat	1,5	1,99
5	CSO	1,25	2,24	5,67	49,18	0,16	0,79	37	32	31	lempung berliat	1,38	1,97
6	CSO	1,21	2,28	6,19	46,34	0,20	0,75	25	36	39	lempung berliat	1,26	2,03
7	CC	0,94	2,21	7,94	58,27	0,21	1,07	67	12	21	lempung liat berpasir	1,2	2,2
8	CC	1,08	2,2	10,37	50,79	0,16	1,14	53	32	15	Lempung	1,02	2,26
9	CC	0,94	2,18	11,84	49,09	0,21	1,17	63	11	26	lempung liat berpasir	1,32	2,63

Lampiran 6. Hasil Uji BNT Sifat Fisik Tanah

Sampel	Kode	BI	BJ	KHJ	Porositas	Kapasitas air tersedia	Indek DMR	Tekstur			Penetrasi	C-organik
		g cm ⁻³	cm jam ⁻¹	%				% pasir	% debu	% liat		
1	CAO	1,31 a	2,39 a	4,64 a	45,14 a	0,11 a	0,64 a	17 a	28 a	55 a	1,58 a	1,12 a
2	CSO	1,25 b	2,31 b	5,73 a	46,94 a	0,15 b	0,76 b	29 a	31 a	40 a	1,38 ab	2,06 b
3	CC	0,99 b	2,2 b	10,05 b	52,72 a	0,19 b	1,13 c	61 b	18 a	21 b	1,18 b	2,36 c

Keterangan : Notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada uji BNT 5%.

Lampiran 7. Tabel Analisis Ragam

a. Pasir

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	1317	2	658,5	16,12	5,14
Galat	122,5	3	40,83		
Total	1439,5	5			

b. Debu

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	390,33	2	195,16	2,54	5,14
Galat	230,5	3	76,83		
Total	620,83	5			

c. Liat

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	290,33	2	145,16	4,68	5,14
Galat	93	3	31		
Total	383,33	5			

d. C-organik

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	2,44	2	1,22	64,37	5,14
Galat	0,11	6	0,01		
Total	2,56	8			

e. Bobot isi

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,10	2	0,05	13,94	5,14
Galat	0,02	6	0,04		
Total	0,12	8			

f. Bobot jenis

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,06	2	0,03	33,35	5,14
Galat	0,05	6	0,01		
Total	0,06	8			

g. Kemantapan Agregat/ DMR

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,38	2	0,19	168,50	5,14
Galat	0,07	6	0,01		
Total	0,39	8			

h. Porositas

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	93,95	2	46,97	3,58	5,14
Galat	78,74	6	13,12		
Total	172,70	8			

i. Penetrasi

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,24	2	0,12	7,89	5,14
Galat	0,09	6	0,01		
Total	0,33	8			

j. KHJ

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	49,14	2	24,57	17,55	5,14
Galat	8,40	6	1,40		
Total	57,54	8			

Lampiran 8. Tabel Korelasi

Parameter	Bobot isi	Bobot jenis	KHJ	Porositas	pF2.5	pF4.2	DMR	Penetrasi	Corganik	Pasir	Debu	Liat	Air	Produksi
Bobot isi	1													
Bobot jenis	.89**	1												
KHJ	-.73*	-.79*	1											
Porositas	-.76*	-.73*	.49	1										
PF2.5	-.85**	-.74*	.76*	.66	1									
PF4.2	-.93**	-.87**	.73*	.69*	.90**	1								
DMR	-.83**	-.88**	.96**	.69*	.84**	.83**	1							
Penetrasi	.62	.62	-.74*	-.59	-.73*	-.67*	-.81**	1						
Corganik	-.89**	-.83**	.80**	.55	.92**	.93**	.84**	-.74*	1					
Pasir	-.83**	-.893*	.87**	.81**	.88**	.87**	.96**	-.76*	.82**	1				
Debu	.61	.59	-.46	-.63	-.44	-.56	-.52	.023	-.37	-.61	1			
Liat	.67*	.76*	-.81**	-.64	-.83**	-.75*	-.89**	.93**	-.81**	-.88**	.17	1		
Air	-.90	-.84	-.96	.80	.66**	.93	.96	.88	.98*	.87*	-.37	-.87*	1	
Produksi	.91**	.95**	.84**	.69*	.93**	.95**	.93**	-.85**	.96**	.91**	-.41	-.89**	.67*	1

Keterangan : ** : Berbeda nyata pada taraf 1%
 * : Berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran 9. Kelas Sifat Fisik Tanah

a. Bobot isi (Soepardi, 1983)

BI (g cm ⁻³)	Kelas
1,8-1,6	Liat. lemp.berliat. lemp.berdebu
1,2-1,8	Pasir. lemp.berpasir

b. Porositas (Lab. Fisika Jurusan Tanah, FP Unibraw, 2006)

Porositas (%)	Kelas
<31	rendah
31 - 63	sedang
> 63	tinggi

c. Indek DMR (Penuntun Analisa Fisika Tanah(Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, 1990)

Indek stabilitas Agregat / Indek Diameter massa Rerata		Kelas
%	mm	
200	2,00	sangat stabil sekali
80 – 200	0,8 – 2,00	sangat stabil
66 – 80	0,66 – 0,80	Stabil
50 – 66	0,50 – 0,66	agak stabil
40 – 50	0,40 – 0,50	kurang stabil
< 40	< 0,40	tidak stabil

d. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (Lab. Fisika Jurusan Tanah, FP Unibraw, 2006)

Khj (cm jam ⁻¹)	Kelas	Kelas tekstur
< 0,5	lambat	Liat; Liat berdebu
0,5 – 2	agak lambat	Liat berpasir; Lemp.liat berdebu Lemp. berliat;
2 - 6,25	sedang	Debu; Lemp.berdebu; lempung
6,25 -12,5	agak cepat	lemp.berpasir
> 12,5	cepat	pasir berlempung; pasir

e. **Tekstur Sistem USDA (Utomo, 1989)**

Tekstur	Kelas tekstur
Kasar	Pasir; Pasir berlempung
Agak kasar	Lemp.berpasir; Lemp.berpasir halus
Sedang	Lemp.berpasir sangat halus; Lempung Lemp.berdebu; Debu
Agak halus	Lemp.berliat; Lemp.liat berpasir; Lemp.liat berdebu
Halus	Liat berpasir; Liat berdebu; Liat

f. **Ketahanan penetrasi (Islami dan Utomo, 1995)**

Ketahanan penetrasi Max. (MPa)	Kelas
2,5 - 3	Pertumbuhan akar tanaman pada umumnya mulai terganggu

g. **Kadar Air (Hillel, 1982)**

Kadar air Jenuh (% vol.)	Kelas tektur
40 – 50	pasir
50 – 60	sedang
> 60	liat