

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alih guna hutan menjadi perkebunan menunjukkan dampak yang sangat besar terutama terhadap kerusakan lingkungan dan tanah. Kerusakan tanah adalah menurunnya fungsi tanah, baik sebagai sumber unsur hara bagi tumbuhan maupun sebagai tempat akar berkembang dan sebagai tempat air tersimpan (Arsyad, 2006). Akibat alih fungsi lahan menjadi lahan perkebunan berakibat pada kepadatan tanah yang tinggi dan tingkat porositas atau distribusi pori tanah akan semakin menurun, drainase rendah dan permeabilitas menurun (Suprayogo *et al.* 2004). Perubahan sifat biofisik akibat alih fungsi lahan menjadi lahan perkebunan dapat menurunkan kapasitas resapan air ke dalam tanah. Hal ini terjadi karena hilangnya fungsi vegetasi yang secara efektif dapat mengabsorpsi air hujan, mempertahankan laju infiltrasi (Foth, 1984), meningkatkan laju infiltrasi (Schwab *et al.* 1997), dan kemampuan dalam menahan air.

Retensi air tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap dan/atau menahan air di dalam pori-pori tanah, atau melepaskannya dari dalam pori-pori tanah. Kondisi ini sangat tergantung pada tekstur dan struktur tanah, pori tanah meso dan mikro, drainase, dan iklim khususnya suhu dan hujan. Oleh sebab itu, untuk mengkuantifikasi kebutuhan air dan mengoptimalkan penggunaan air irigasi, maka dengan mengetahui retensi air di dalam tanah merupakan upaya yang baik dalam perencanaan pertanian. Dengan penambahan berbagai macam bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah terutama adalah tekstur, struktur, infiltrasi dan permeabilitas tanah. Menurut Heiskanen (2003) karakteristik retensi air tanah dapat menentukan jumlah udara dan air yang dapat tertahan oleh tanah.

PT Perkebunan Nusantara XII (Persero) Desa Bangelan, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang, merupakan perusahaan yang bergerak dibidang perkebunan kopi Robusta. Pada awalnya PT Perkebunan Nusantara XII (Persero) Desa Bangelan, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang merupakan kawasan hutan yang terdiri dari berbagai jenis pohon dan tanaman. Akibat dari adanya ekstensifikasi, sehingga dilakukan pembukaan lahan dengan cara tebang bakar dan pembersihan permukaan tanah yang dilakukan oleh perusahaan Belanda pada tahun

1935, kemudian pada tahun 1957-1958 perusahaan tersebut mengalami nasionalisasi dan sekarang menjadi bagian dari PT Perkebunan Nusantara XII (Persero).

Pengelolaan tanaman kopi di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) dalam rangka meningkatkan dan memperoleh produksi dengan cara yang meliputi pemupukan dan sistem irigasi dengan menggunakan irigasi sprayer. PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) mengambil inisiatif dengan melakukan irigasi atau penyiraman pada tanaman kopi dengan menggunakan selang-selang yang dihubungkan dengan truk-truk pengisi air, tetapi cara tersebut tidak memungkinkan dengan kondisi jalan di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero). Namun kegiatan irigasi sprayer pada perkebunan tersebut dihentikan dikarenakan faktor biaya perawatan yang cukup mahal. Dengan adanya perubahan sistem irigasi tersebut berakibat pada perubahan sifat fisik tanah yaitu pemadatan tanah yang berdampak pada struktur, porositas, berat jenis dan ketersediaan air pada tanah

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan di PT. Nusantara XII (Persero) yang mengalami pemadatan tanah adalah dengan cara pengembalian dan pemberian bahan organik untuk menjaga kelembaban tanah dan meningkatkan populasi organisme di dalam tanah, meningkatkan porositas tanah dan tanah menjadi lebih gembur. Pemberian bahan organik pada Blok 10 di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) yang berupa Vermikompos, Kulit Buah Kopi, Pupuk Kandang, dan juga pemberian bahan Anorganik. Pupuk organik mempunyai fungsi yang penting dibandingkan dengan pupuk anorganik yaitu dapat mengemburkan lapisan permukaan tanah (topsoil), meningkatkan populasi jasad renik, mempertinggi daya serap dan daya simpan air, yang secara keseluruhan dapat meningkatkan kesuburan tanah (Sutejo, 2002).

Pemberian bahan organik tanah mempengaruhi retensi air tanah karena afinitas air dan juga pengaruhnya terhadap struktur tanah dan berat jenis tanah. Namun, efek dari bahan organik tanah pada retensi air tanah tergantung pada proporsi komponen tekstur dan jumlah bahan organik tanah (Rawls *et al.*, 2003). Dengan demikian dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemberian bahan organik berupa Vermikompos, Kulit buah kopi, Pupuk kandang sapi terhadap retensi air tanah di PT. Perkebunan Nusantar XII (Persero), dengan alur penelitian yang tertera pada Gambar 1.

1.2. Tujuan

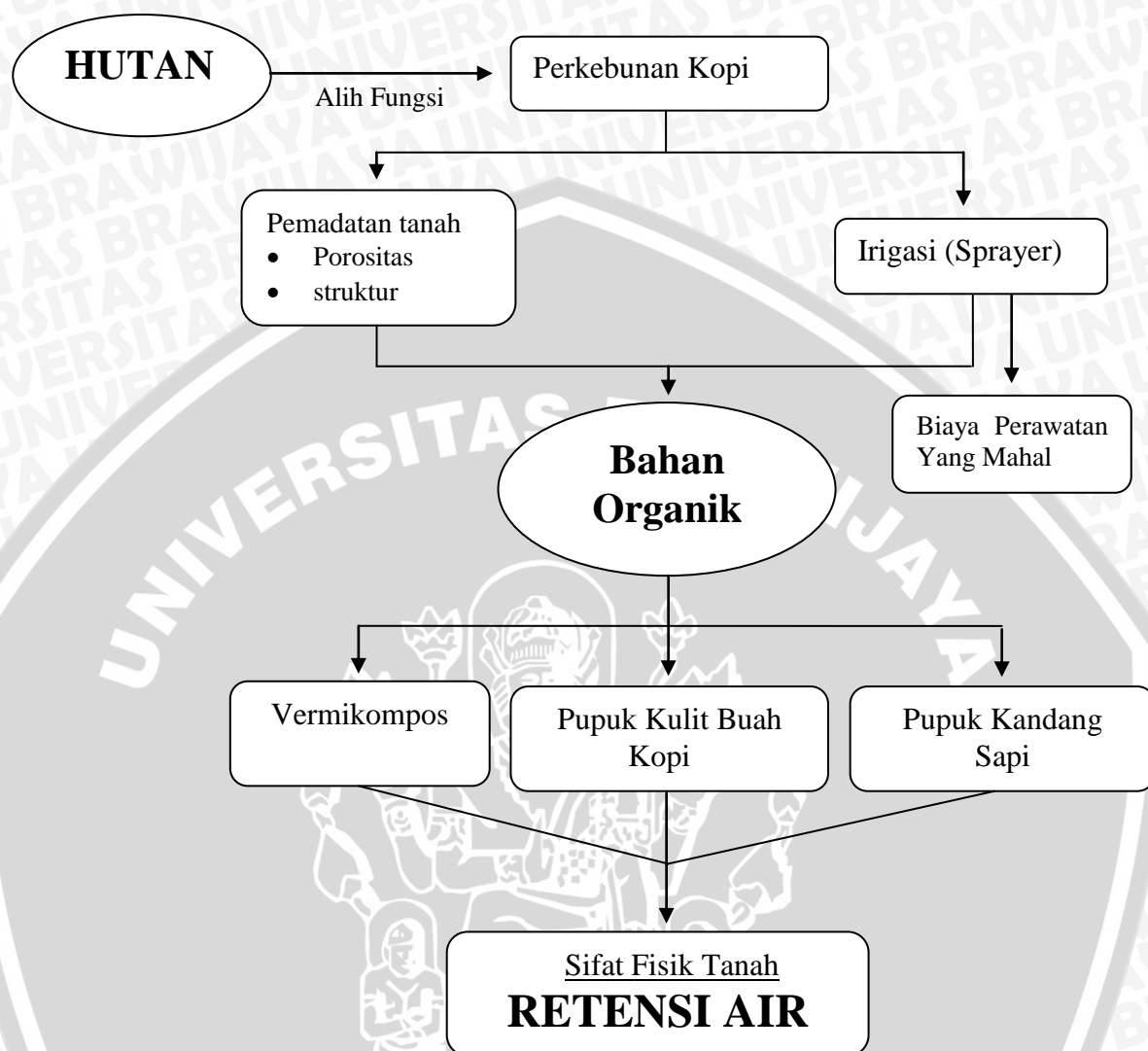
1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian beberapa jenis Bahan Organik (Pupuk Kulit Buah Kopi, Pupuk Kandang Sapi dan Vermikompos) terhadap retensi air tanah pada tiap kedalaman (0-30 cm) di Kebun Kopi Robusta.
2. Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi retensi air tanah pada tiap kedalaman (0-30 cm) di kebun Kopi Robusta.

1.3. Hipotesis

1. Penambahan bahan organik pada tanah kebun Kopi Bangelan yang berupa pupuk vermikompos dapat lebih meningkatkan retensi air tanah pada kedalaman 0-10 cm.
2. Plot dengan penambahan pupuk vermikompos memiliki kandungan liat yang tinggi dan mampu mempengaruhi retensi air tanah pada tiap kedalaman (0-30cm)

1.4. Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pentingnya bahan organik yang diberikan ke tanah untuk memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan kualitas tanah, dan dapat meningkatkan produksi tanaman kopi robusta. Dengan mengetahui retensi air di dalam tanah merupakan upaya yang baik dalam perencanaan pertanian.



Gambar 1. Alur Pikir

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Organik

Sumber utama bahan organik bagi tanah berasal dari jaringan tanaman, baik serupa sampah-sampah tanaman (serasah) ataupun sisa-sisa tanaman yang telah mati. Sumber bahan organik lainnya adalah hewan. Bahan-bahan organik yang berasal dari serasah, sisa-sisa tanaman yang mati, limbah atau kotoran hewan dan bangkai hewan itu sendiri, didalam tanah akan diaduk-aduk dan dipindahkan oleh jasad renik yang selanjutnya dengan kegiatan berbagai jasad tanah bahan organik itu melalui berbagai proses yang rumit dirombak menjadi bahan organik tanah yang mempunyai arti penting (Sutejo dan Kartasapoetra, 1987). Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi. Kerusakan tanah merupakan masalah penting bagi negara berkembang karena intensitasnya yang cenderung meningkat sehingga tercipta tanah-tanah rusak yang jumlah maupun intensitasnya meningkat.

Kerusakan tanah secara garis besar dapat digolongkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu kerusakan sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Kerusakan kimia tanah dapat terjadi karena proses pemasaman tanah, akumulasi garam-garam (salinisasi), tercemar logam berat, dan tercemar senyawa-senyawa organik dan xenobiotik seperti pestisida atau tumpahan minyak bumi (Djajakirana, 2001). Terjadinya pemasaman tanah dapat diakibatkan penggunaan pupuk nitrogen buatan secara terus menerus dalam jumlah besar (Brady, 1990). Kerusakan tanah secara fisik dapat diakibatkan karena kerusakan struktur tanah yang dapat menimbulkan pemadatan tanah. Kerusakan struktur tanah ini dapat terjadi akibat pengolahan tanah yang salah atau penggunaan pupuk kimia secara terus menerus. Kerusakan biologi ditandai oleh penyusutan populasi maupun berkurangnya biodiversitas organisme tanah, dan terjadi biasanya bukan kerusakan sendiri, melainkan akibat dari kerusakan lain (fisik dan atau kimia). Menurut Lal (1995), pengelolaan tanah yang berkelanjutan berarti suatu upaya pemanfaatan tanah melalui pengendalian masukan dalam suatu proses untuk memperoleh produktivitas tinggi secara berkelanjutan, meningkatkan kualitas

tanah, serta memperbaiki karakteristik lingkungan. Dengan demikian diharapkan kerusakan tanah dapat ditekan seminimal mungkin sampai batas yang dapat ditoleransi, sehingga sumberdaya tersebut dapat dipergunakan secara lestari dan dapat diwariskan kepada generasi yang akan datang.

Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia, fisik, maupun biologi tanah. Fungsi bahan organik di dalam tanah sangat banyak, baik terhadap sifat fisik, kimia maupun biologi tanah, antara lain sebagai berikut (Stevenson, 1994):

1. Berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap ketersediaan hara. Bahan organik secara langsung merupakan sumber hara N, P, S, unsur mikro maupun unsur hara esensial lainnya. Secara tidak langsung bahan organik membantu menyediakan unsur hara N melalui fiksasi N₂ dengan cara menyediakan energi bagi bakteri penambat N₂, membebaskan fosfat yang difiksasi secara kimiawi maupun biologi dan menyebabkan pengkhelatan unsur mikro sehingga tidak mudah hilang dari zona perakaran.
2. Membentuk agregat tanah yang lebih baik dan memantapkan agregat yang telah terbentuk sehingga aerasi, permeabilitas dan infiltrasi menjadi lebih baik. Akibatnya adalah daya tahan tanah terhadap erosi akan meningkat.
3. Meningkatkan retensi air yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman.
4. Meningkatkan retensi unsur hara melalui peningkatan muatan di dalam tanah.
5. Mengimmobilisasi senyawa antropogenik maupun logam berat yang masuk ke dalam tanah
6. Meningkatkan kapasitas sangga tanah
7. Meningkatkan suhu tanah
8. Mensuplai energi bagi organisme tanah
9. Meningkatkan organisme saprofit dan menekan organisme parasit bagi tanaman.

Selain memiliki dampak positif, penggunaan bahan organik dapat pula memberikan dampak yang merugikan. Salah satu dampak negatif yang dapat muncul akibat dari penggunaan bahan organik yang berasal dari sampah kota adalah meningkatnya logam berat yang dapat diasimilasi dan diserap tanaman, meningkatkan salinitas, kontaminasi dengan senyawa organik seperti *polikloratbifenil*, *fenol*, *hidrocarburate polisiklik aromatic*, dan asam-asam organik (*propionic dan butirik*) (de Haan, 1981 dalam Aguilar *et al.*, 1997). Faktor yang

mempengaruhi pembentukan tanah juga harus diperhatikan karena mempengaruhi jumlah bahan organik. Miller *et al.* (1985) berpendapat bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah bahan organik dalam tanah adalah sifat dan jumlah bahan organik yang dikembalikan, kelembaban tanah, temperatur tanah, tingkat aerasi tanah, topografi dan sifat penyediaan hara.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik dapat dikelompokkan dalam tiga grup, yaitu 1) sifat dari bahan tanaman termasuk jenis tanaman, umur tanaman dan komposisi kimia, 2) tanah termasuk aerasi, temperatur, kelembaban, kemasaman, dan tingkat kesuburan, dan 3) faktor iklim terutama pengaruh dari kelembaban dan temperatur. Jumlah bahan organik di dalam tanah dapat berkurang hingga 35% untuk tanah yang ditanami secara terus menerus dibandingkan dengan tanah yang belum ditanami atau belum dijamah (Brady, 1990). Young (1989) menyatakan bahwa untuk mempertahankan kandungan bahan organik tanah agar tidak menurun, diperlukan minimal 8 – 9 t ha⁻¹ bahan organik tiap tahunnya.

Hairah *et al.* (2000) mengemukakan beberapa cara untuk mendapatkan bahan organik:

1. Pengembalian sisa panen. Jumlah sisa panen tanaman pangan yang dapat dikembalikan ke dalam tanah berkisar 2 – 5 t ha⁻¹, sehingga tidak dapat memenuhi jumlah kebutuhan bahan organik minimum. Oleh karena itu, masukan bahan organik dari sumber lain tetap diperlukan.
2. Pemberian pupuk kandang. Pupuk kandang yang berasal dari kotoran hewan peliharaan seperti sapi, kambing, kerbau dan ayam, atau bisa juga dari hewan liar seperti kelelawar atau burung dapat dipergunakan untuk menambah kandungan bahan organik tanah. Pengadaan atau penyediaan kotoran hewan seringkali sulit dilakukan karena memerlukan biaya transportasi yang besar.
3. Pemberian pupuk hijau. Pupuk hijau bisa diperoleh dari serasah dan dari pangkasan tanaman penutup yang ditanam selama masa bera atau pepohonan dalam larikan sebagai tanaman pagar. Pangkasan tajuk tanaman penutup tanah dari famili leguminosae dapat memberikan masukan bahan organik sebanyak 1.8 – 2.9 t ha⁻¹ (umur 3 bulan) dan 2.7 – 5.9 t ha⁻¹ untuk yang berumur 6 bulan.

Penggunaan bahan organik dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan. Sumber bahan untuk pupuk organik sangat beranekaragam, dengan karakteristik fisik dan kandungan kimia/hara yang sangat beragam sehingga pengaruh dari penggunaan bahan organik terhadap lahan dan tanaman dapat bervariasi (Didi, 2006). Bahan organik tanah merupakan cadangan (*pool*) bahan organik yang dinamis, sehingga perubahan bersih (*net change*) dalam cadangan tersebut lebih informatif dari pada jumlah mutlak nya (Ellert, 2004).


2.2 Peranan Pemberian Bahan Organik

2.2.1 Peran Bahan Organik Terhadap Tanaman

Pemberian bahan organik ke dalam tanah memberikan dampak yang baik terhadap tanah, tempat tumbuh tanaman. Tanaman akan memberikan respon yang positif apabila tempat tanaman tersebut tumbuh memberikan kondisi yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah menyediakan zat pengatur tumbuh tanaman yang memberikan keuntungan bagi pertumbuhan tanaman seperti vitamin, asam amino, auksin dan giberelin yang terbentuk melalui dekomposisi bahan organik (Brady, 1990). Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mengandung karbon yang tinggi. Pengaturan jumlah karbon di dalam tanah meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain (misalnya rasio antara C/N, C/P, dan C/S) (Delgado dan Follet, 2002).

Penggunaan bahan organik telah terbukti banyak meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Duong *et al.* (2006) yang memberikan kompos berupa jerami pada tanaman padi sudah memberikan pengaruh setelah 30 hari diaplikasikan. Selain itu, juga ditemukan dampak positif lain seperti meningkatkan ketersediaan makro dan mikronutrien bagi tanaman (Aguilar *et al.*, 1997). Bahan organik yang berasal dari sisa tanaman mengandung bermacam-macam unsur hara yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman jika telah mengalami dekomposisi dan mineralisasi. Sisa tanaman ini memiliki kandungan unsur hara yang berbeda kualitasnya tergantung pada tingkat kemudahan dekomposisi serta mineralisasinya. Unsur hara yang terkandung dalam sisa bahan tanaman baru bisa dimanfaatkan kembali oleh tanaman apabila telah mengalami dekomposisi dan mineralisasi.

Menurut Brady (1990), gula dan protein sederhana adalah bahan yang mudah terdekomposisi, sedangkan lignin merupakan bahan yang lambat terdekomposisi. Secara urutan, kemudahan bahan untuk terdekomposisi adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| 1. Gula, zat pati, protein sederhana | mudah terdekomposisi |
| 2. Protein kasar | |
| 3. Hemiselulosa | |
| 4. Selulosa | |
| 5. Lemak | |
| 6. Lignin, lemak, waks, dll | sangat lambat terdekomposisi |
- 

Kemudahan dekomposisi bahan organik berkaitan erat dengan nisbah kadar hara. Secara umum, makin rendah nisbah antara kadar C dan N di dalam bahan organik, akan semakin mudah dan cepat mengalami dekomposisi. Oleh karena itu, untuk mempercepat dekomposisi bahan organik yang memiliki nisbah C dan N tinggi sering ditambahkan pupuk nitrogen dan kapur untuk memperbaiki perbandingan kedua hara tersebut serta menciptakan kondisi lingkungan yang lebih baik bagi dekomposer. Selain itu, kandungan bahan juga mempengaruhi proses pengomposan.

Selama proses dekomposisi bahan organik, terjadi immobilisasi dan mobilisasi (mineralisasi) unsur hara. Immobilisasi adalah perubahan unsur hara dari bentuk anorganik menjadi bentuk organik yaitu terinkorporasi dalam biomassa organisme dekomposer. Sedangkan mineralisasi terjadi sebaliknya. Kedua kegiatan ini tergantung pada proporsi kadar hara dalam bahan organik. Immobilisasi nitrogen secara netto terjadi bila nisbah antara C dan N bahan organik lebih dari 30, sedangkan mineralisasi netto terjadi bila nisbahnya kurang memperhitungkan kandungan hara dalam bahan organik tersebut.

Bahan organik yang memiliki nisbah C dan N rendah, lebih cepat menyediakan hara bagi tanaman, sedangkan bila bahan organik memiliki nisbah C dan N yang tinggi akan mengimmobilisasi hara sehingga perlu dikomposkan terlebih dahulu. dari 20. Jika nisbahnya antara 20 hingga 30 maka terjadi kesetimbangan antara mineralisasi dan immobilisasi. Immobilisasi dan mineralisasi tidak hanya terjadi pada unsur nitrogen, tapi juga terjadi pada unsur lain. Pada saat terjadi immobilisasi tanaman akan sulit menyerap hara karena terjadi persaingan dengan dekomposer. Oleh karena itu, pemberian pemberian bahan organik perlu memperhitungkan kandungan hara dalam bahan organik tersebut. Bahan organik yang memiliki nisbah

C dan N rendah, lebih cepat menyediakan hara bagi tanaman, sedangkan bila bahan organik memiliki nisbah C dan N yang tinggi akan mengimmobilisasi hara sehingga perlu dikomposkan terlebih dahulu.

2.2.2 Peran Bahan Organik Terhadap Kesuburan Fisik Tanah

Bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap struktur tanah sangat berkaitan dengan tekstur tanah yang diperlakukan. Pada tanah lempung yang berat, terjadi perubahan struktur gumpal kasar dan kuat menjadi struktur yang lebih halus tidak kasar, dengan derajat struktur sedang hingga kuat, sehingga lebih mudah untuk diolah. Komponen organik seperti asam humat dan asam fulvat dalam hal ini berperan sebagai sementasi pertikel lempung dengan membentuk kompleks lempung-logam-humus (Stevenson, 1982). Pada tanah pasiran bahan organik dapat diharapkan merubah struktur tanah dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal, sehingga meningkatkan derajat struktur dan ukuran agregat atau meningkatkan kelas struktur dari halus menjadi sedang atau kasar (Scholes *et al.*, 1994). Bahkan bahan organik dapat mengubah tanah yang semula tidak berstruktur (pejal) dapat membentuk struktur yang baik atau remah, dengan derajat struktur yang sedang hingga kuat.

Mekanisme pembentukan agregat tanah oleh adanya peran bahan organik ini dapat digolongkan dalam empat bentuk: (1) Penambahan bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah baik jamur dan *actinomycetes*. Melalui pengikatan secara fisik butir-butir primer oleh miselia jamur dan *actinomycetes*, maka akan terbentuk agregat walaupun tanpa adanya fraksi lempung; (2) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian positif dalam butir lempung dengan gugus negatif (karboksil) senyawa organik yang berantai panjang (polimer); (3) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian negatif dalam lempung dengan gugusan negatif (karboksil) senyawa organik berantai panjang dengan perantaraan basa-basa Ca, Mg, Fe dan ikatan hidrogen; (4) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian negatif dalam lempung dengan gugus positif (gugus amina, amida, dan amino) senyawa organik berantai panjang (polimer) (Seta, 1987).

2.3 Jenis-jenis Bahan Organik

Sumber bahan organik ada beberapa macam. Masalah utama yang sering timbul di lapangan adalah sumber bahan organik yang dapat digunakan. Sumber bahan organik yang dapat digunakan dapat berasal dari : sisa dan kotoran hewan (pupuk kandang), sisa tanaman, pupuk hijau, sampah kota, limbah industri, dan kompos.

2.3.1 Pupuk Kandang

Sejak awal, pupuk kandang dianggap sebagai sumber hara utama. Di Amerika 73 % dari kotoran ternak yang dihasilkan dalam kandang (157 juta ton) diberikan dalam tanah sebagai pupuk. Taksiran total N, P, dan K masing-masing sebesar 0,787; 0,572; dan 1,093 juta ton diberikan setiap tahun, yang setara dengan 8, 21, 0,572 % kebutuhan pupuk setiap tahun sebagai pupuk komersial (Power dan Papendick, 1997). Pupuk kandang merupakan campuran kotoran padat, air kencing, dan sisa makanan (tanaman).

Dengan demikian susunan kimianya tergantung dari: (1) jenis ternak, (2) umur dan keadaan hewan, (3) sifat dan jumlah amaran, dan (4) cara penyimpanan pupuk sebelum dipakai. Hewan hanya menggunakan setengah dari bahan organik yang dimakan, dan selebihnya dikeluarkan sebagai kotoran. Sebagian dari padatan yang terdapat dalam pupuk kandang terdiri dari senyawa organik serupa dengan bahan makanannya, antara lain selulosa, pati dan gula, hemiselulosa dan lignin seperti yang kita jumpai dalam humus ligno-protein. Penyusun pupuk kandang yang paling penting adalah komponen hidup, yaitu organisme tanah, pada sapi perah seperempat hingga setengah bagian kotoran hewan merupakan jaringan mikrobial (Brady, 1990). Pupuk kandang telah mengalami proses praperombakan di dalam rumen (perut besar). Chesson (1997) menjelaskan bahwa di dalam rumen proses perombakan bahan organik dapat berlangsung secara efisien karena mikrobial dapat bekerja secara optimal.

Hal ini ditunjang oleh rumen merupakan habitat yang ideal bagi berlangsungnya perombakan, antara lain karena: (1) keadaan yang selalu terkontrol, (2) tidak terdapat faktor pembatas dalam suplai hara N dan P, (3) keadaan anaerob penuh, (4) jumlah dan macam mikroorganisme yang adaptif dalam rumen tinggi, (5) tersedia cukup air (*aqueous*) pada lingkungan rumen, dan (6) banyak bahan hijauan yang termakan. Laju perombakan dalam rumen lebih cepat dibanding di tanah,

waktu yang diperlukan untuk merombak dinding sel dalam rumen hanya sehari, namun bila di tanah perlu waktu mingguan.

Pupuk kandang sapi mengandung: 26,2 kg t⁻¹ N; 4,5 kg t⁻¹ P; 13,0 kg t⁻¹ K; 5,3- 16,28 kg t⁻¹ Ca; 3,5-12,8 kg t⁻¹ Mg; dan 2,2-13,6 kg t⁻¹ S. Kenyataan di lapangan menunjukkan ketersediaan hara yang ada dalam tanah pengaruh dari pupuk kandang sangat bervariasi lebar, yang tergantung oleh faktor: (a) sumber dan komposisi pupuk, (b) cara dan waktu aplikasi, (c) jenis tanah dan iklimnya, dan (d) system pertaniannya. Penanganan pupuk kandang yang benar harus memperhatikan keadaan alas kandang dan cara penyimpanannya, yang akan menentukan mutu pupuk dari kehilangan hara yang berlebih (Power dan Papendick, 1997).

Bagi petani lahan kering, pupuk kandang merupakan kunci keberhasilan usahanya, walaupun ketersediaannya semakin berkurang. Dari hasil penelitian yang dilakukan di Jumapolo menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang dengan dosis 9,5 t ha⁻¹, mampu meningkatkan hasil biji kacang tanah 38,72 % dengan hasil 2,13 t ha⁻¹, dan efek residunya untuk musim tanam berikutnya, mampu memberikan hasil lebih tinggi yaitu sebesar 2,6 t ha⁻¹ (Suntoro, 2001). Peneliti yang lain melaporkan penambahan dengan dosis 30 t ha⁻¹ mampu memberikan hasil padi gogo 5,93 t ha⁻¹ (Mertikawati *et al.*, 1999). Untuk tanaman kedelai dilaporkan penggunaan pupuk kandang sapi 20 t ha⁻¹ mampu memberikan hasil biji 1,21 t ha⁻¹ (Wiskandar, 2002).

Kotoran hewan yang berasal dari usaha tani pertanian antara lain adalah kotoran ayam, sapi, kerbau, kambing, kuda, dan sebagainya. Komposisi hara pada masing-masing kotoran hewan berbeda tergantung pada jumlah dan jenis makanannya. Secara umum, kandungan hara dalam kotoran hewan jauh lebih rendah daripada pupuk kimia (Tabel 1) sehingga takaran penggunaannya juga akan lebih tinggi. Namun demikian, hara dalam kotoran hewan ini ketersediaannya (*release*) lambat sehingga tidak mudah hilang. Ketersediaan hara sangat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi/mineralisasi dari bahan-bahan tersebut. Rendahnya ketersediaan hara dari pupuk kandang antara lain disebabkan karena bentuk N, P serta unsure lain terdapat dalam bentuk senyawa kompleks organo protein atau senyawa asam humat atau lignin yang sulit terdekomposisi. Selain mengandung hara yang bermanfaat, pupuk kandang juga mengandung bakteri saprolitik, pembawa penyakit, dan parasit mikroorganisme yang dapat membahayakan hewan dan manusia.

Tabel 1. Kandungan Hara Beberapa Jenis Kotoran Hewan

Sumber	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
%							
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Sumber: Tan (1993)

Suatu masalah di lapangan adalah semakin jarangny jumlah ternak yang dimiliki petani, sehingga menyebabkan produksi pupuk kandang semakin berkurang. Keadaan ini menyebabkan perlu dicari sumber bahan organik lain yang potensial setempat, yang mudah didapatkan dalam jumlah memadai, dan efektif dalam peningkatan keharaan tanah (Wiskandar, 2002).

2.3.2 Sisa Tanaman

Sisa tanaman dapat berperan sebagai suatu cadangan yang dapat didaurkan kembali untuk pengawetan hara. Sisa tanaman sering digunakan untuk berbagai tujuan. Dilingkungan petani kita, sebagian besar jerami padi digunakan untuk alas ternak dan sebagai pakan ternak. Untuk tujuan ini, sebagian besar hara yang terkandung dalam sisa, kemungkinan dikembalikan ke tanah dalam bentuk pupuk kandang jika kotoran ternak tersebut ditangani dengan tepat. Penggunaan yang lain dari sisa tanaman adalah untuk bahan bakar. Untuk tujuan ini, hanya sedikit hara P dan K yang dikembalikan ke tanah atau tidak ada sama sekali.

Praktek-praktek pengelolaan sisa tanaman memegang peranan utama dalam mengatur ketersediaan hara yang terkandung dalam sisa tanaman. Jumlah dan komposisi sisa tanaman yang dikembalikan ke tanah secara langsung sebagai pupuk merupakan variabel-variabel penting dalam mengatur imobilisasi ataupun mineralisasi hara dalam tanah. Jerami padi, jagung dan tebu merupakan sisa tanaman yang mempunyai nisbah C/N yang tinggi, sehingga perlu adanya waktu pemeraman (*incubation*), atau pengomposan terlebih dahulu dalam praktek pemakaiannya. Peningkatan ketersediaan N dalam tanah dari pengaruh sisa tanaman bervariasi luas tergantung pada tipe residu, kandungan N, iklim dan praktek pengolahan tanahnya (Power dan Papendick, 1997). Dilaporkan, pencampuran bahan yang berkualitas

tinggi seperti pupuk hijau (legum) pada jerami padi akan membantu sinkronisasi antara pelepasan N dengan kebutuhan N padi sawah (Becker dan Ladha, 1997).

Kandungan hara beberapa tanaman pertanian ternyata cukup tinggi dan bermanfaat sebagai sumber utama mikroorganisme di dalam tanah. Hara dalam tanaman dapat dimanfaatkan setelah tanaman mengalami dekomposisi. Rasio C/N sisa tanaman bervariasi dari 80:1 pada jerami gandum hingga 20:1 pada tanaman leguminose. Selama proses dekomposisi ini nilai rasio C/N akan menurun mendekati 10:1 pada saat bahan tersebut bercampur dengan tanah. Berbagai sumber bahan kompos dari limbah pertanian dengan nilai C/N rasio disajikan pada Table 2 (FAO, 1987)

Tabel 2. Sumber Bahan Kompos, Kandungan Nitrogen, dan Rasio C/N

Jenis Bahan	Nitrogen per Berat Kering	C/N rasio
Limbah cair dari hewan	15-18	0,8
Darah kering	10-14	3
Kuku dan tanduk	12	-
Limbah ikan	4-10	4-5
Limbah minyak biji-bijian	3-9	3-15
Night soil	5,5-6,5	6-10
Lumpur limbah	5-6	6
Kotoran ternak unggas	4	-
Tulang	2-4	8
Rumput	2-4	12
Sisa tanaman hijauan	3-5	10-15
Limbah pabrik bir	3-5	15
Limbah rumah tangga	2-3	10-16
Kulit biji kopi	1,0-2,3	8
Eceng gondok	2,2-2,5	20
Kotoran babi	1,9	-
Kotoran ternak	1,0-1,8	-
Limbah lumpur padat	1,2-1,8	-
Millet	0,7	70
Jerami gandum	0,6	80
Daun-daunan	0,4-1,0	40-80
Limbah tebu	0,3	150
Serbuk gergaji	0,1	500
Kertas	0,0	*

Sumber: FAO, 1987

Keterangan: - (tidak ditentukan), * (tidak tertentu)

2.3.3 Kulit Buah Kopi

Kulit kopi sebagai residu tanaman kopi terdiri atas kulit buah kopi (pulpa) dan kulit tanduk kopi. Dengan produksi kopi mencapai 460.000 ton biji kopi, maka pulpa kopi yang berupa produk samping dapat mencapai 121.000 ton, sedangkan produk samping kulit tanduk sebesar 22.000 ton. Produk samping kulit tanduk kopi memiliki

kadar air relative rendah sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan bakar untuk pengering kopi. Nilai kalori kulit tanduk kopi adalah sebesar 4600 kkal/kg, sedangkan pulpa kopi dengan kandungan air 5% nilai tersebut 3300 kkal/kg (Adams and Dougan, 1982). Akan tetapi jalan keluar ini agak sulit diterapkan pada pulpa kopi yang diperoleh dari cara pengolahan basah karena tingginya kadar air bahan tersebut sehingga menjadi masalah dalam pembuangannya. Selama musim pengolahan biji kopi, produk samping pulpa kopi menumpuk sehingga menyebabkan bau yang tidak sedap, sementara drainase dari timbunan pulpa dapat mencermati sumber air disekitarnya.

Sebagai produk samping padat industri kopi, kulit kopi berpotensi untuk digunakan sebagai sumber bahan organik tanah dengan syarat telah dikomposkan terlebih dahulu. Hal ini mengingat bahwa nisbah C/N pulpa kulit kopi sekitar 40, sedangkan untuk kulit tanduk kopi sekitar 140, yang merupakan angka yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan nisbah (C/N tanah). Pengomposan produk samping kopi padat mesti dilakukan untuk menghindari pengaruh negatifnya terhadap tanaman akibat nisbah C/N bahan yang tinggi, disamping untuk mengurangi volume bahan agar memudahkan dalam aplikasi serta menghindarkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Kandungan hara kompos dari kulit buah kopi adalah 0,82 % N, 52,4% C-organik, 0,05% P₂O₅, 0,84% K₂O, 0,58 % CaO, 0,86 MgO, sedangkan kandungan hara kompos kulit buah kopi (pulpa) adalah 2,98 % N, 45,3 % C-organik, 0,018 % P₂O₅, 2,28% K₂O, 1,22% CaO dan 0,21 % MgO (Baon *et al.* 2005). Limbah kulit buah kopi merupakan sumber bahan organik yang tersedia cukup melimpah di sentra produksi kopi. Menurut Desmayati dan Muladi (1995), luas area perkebunan kopi di Indonesia sekitar 1.158.369 ha dengan produksi 497.481 ton.

2.3.4 Vermikompos

Kascing adalah tanah bekas pemeliharaan cacing yang merupakan produk samping dari budidaya cacing tanah yang berupa pupuk organik, cocok untuk pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah. Kascing mengandung berbagai bahan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yaitu zat pengatur tumbuh seperti giberellin, sitokinin dan auksin, serta mengandung unsur hara N, P, K, Mg dan Ca dan *Azotobacter* sp yang merupakan bakteri penambat N non-simbiotik yang akan membantu memperkaya unsur N yang dibutuhkan oleh

tanaman (Zahid, 1994). Dominguez *et al* (1997) mendefinisikan vermicomposting sebagai proses dekomposisi bahan organik yang melibatkan kerjasama antara cacing tanah dan mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan dalam vermicomposting terutama bakteri, fungi, dan actinomycetes.

Selama proses vermicompos, nutrisi pada tumbuhan yang penting seperti nitrogen, kalium, dan fosfor yang terdapat dalam bahan makanan diubah melalui aktivitas mikroorganisme menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tumbuhan (Ndegwa & Thompson, 2001). Pada proses ini cacing tanah merubah mikroorganisme (Aira *et al.* 2002), sehingga laju mineralisasi bahan-bahan organik bertambah cepat (Albanell *et al.* 1998). Beberapa enzim yang terlibat di dalam dekomposisi bahan organik adalah dehidrogenase, protease, glukosidase, dan fosfatase (Lazcano *et al.* 2008). Vermicomposting menghasilkan dua manfaat utama, yaitu biomassa cacing tanah dan vermikompos (Sharma *et al.* 2005). Dalam pembuatan kascing, cacing tanah memegang peranan penting yaitu sebagai dekomposer. Cacing tanah memiliki enzim seperti protease, lipase, amilase, selulose dan kitin yang memberikan perubahan kimia secara cepat terhadap material selulosa dan protein dari sampah organik. Aktivitas cacing tanah menunjukkan peningkatan dekomposisi dan penghancuran sampah secara alami (60% - 80%). Hal ini sangat berpengaruh mempercepat waktu pengomposan hingga beberapa minggu (Sinha *et al.*, 2002).

Beberapa keunggulan kascing adalah menyediakan hara N, P, K, Ca, Mg dalam jumlah yang seimbang dan tersedia, meningkatkan kandungan bahan organik, meningkatkan kemampuan tanah mengikat lengas, menyediakan hormon pertumbuhan tanaman, menekan risiko akibat infeksi patogen, sinergis dengan organisme lain yang menguntungkan tanaman serta sebagai penyangga pengaruh negatif tanah (Sutanto, 2002). Pemberian kascing pada tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah memperbaiki struktur tanah, porositas, permeabilitas, meningkatkan kemampuan untuk menahan air. Di samping itu kascing dapat memperbaiki kimia tanah seperti meningkatkan kemampuan untuk menyerap kation sebagai sumber hara makro dan mikro serta meningkatkan pH pada tanah asam (Kartini, 2005).

Adanya lubang-lubang cacing tanah ataupun dari fauna tanah lainnya dapat meningkatkan laju infiltrasi dan perkolasi air, sehingga dapat mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah. Subowo *et al.* (2002) mendapatkan bahwa populasi cacing tanah geofagus *Pheretima hupiensis* pada tanah Ultisols berkorelasi nyata dan

negatif dengan ketahanan tanah serta berkorelasi positif dengan kadar air tanah. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan cacing tanah mampu menurunkan kepadatan tanah dan meningkatkan potensi ketersediaan air bagi tanaman. Cacing tanah geofagus dengan kemampuannya mencerna tanah dan melepaskan kembali dalam bentuk kascing yang memiliki stabilitas agregat tinggi, selain dapat memperbaiki aerasi tanah (melalui lubang-lubang yang dihasilkan) juga dapat mengembalikan kandungan liat yang tereluviasi dari lapisan bawah ke lapisan atas.

Syarat-syarat cacing tanah yang digunakan dalam proses *vermicomposting* terdiri atas: tingkat produksi kokon yang tinggi, waktu perkembangan kokon yang pendek, keberhasilan penetasan kokon yang tinggi, dan memiliki laju reproduksi yang tinggi (Bhattacharjee & Chaudhuri, 2002). Selain itu, tingkat konsumsi bahan organik yang tinggi pada cacing tanah dan toleran terhadap perubahan lingkungan yang luas juga merupakan sebagian syarat biologi cacing tanah yang dapat dimanfaatkan untuk mendekomposisi bahan organik (Edward, 1998; Dominguez *et al.* 2000). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses vermikompos adalah proses *vermicompos* dalam kaitannya dengan pertumbuhan dan kelangsungan hidup cacing tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya: suhu, kelembaban, rasio C/N, pH, aerasi, dan makanan. Pengaruh faktor-faktor tersebut bervariasi pada setiap spesies cacing tanah.

Hou *et al.* (2005) menemukan bahwa laju pertumbuhan cacing tanah tercepat pada suhu 20°C. Akan tetapi kebutuhan suhu pada masing-masing spesies cacing tanah berbeda-beda. Di awal proses *vermicomposting* terjadi peningkatan suhu, dan diakhir periode suhu menurun. Laju pertumbuhan cacing tanah tertinggi pada kelembaban 75%. Rasio C/N pada substrat (media biak yang terdiri atas kotoran ternak dan sampah organik) mencerminkan mineralisasi dan stabilisasi sampah organik selama proses *vermicomposting* (Suthar & Singh 2008). Laju dekomposisi tertinggi terdapat pada substrat dengan rasio C/N sebesar 20 (Hou *et al.* 2005). Semakin rendah rasio C/N, maka semakin tinggi laju dekomposisi sampah organik (Pramanik *et al.* 2007)

Kascing merupakan makroagregat yang stabil dan dapat bertahan lebih dari 1 tahun (Blanchart *et al.* 1991 dalam Martin, 1991). Demikian juga dengan aktivitas pencernaannya yang mampu mencampur bahan organik dan mineral tanah, cacing tanah dapat mencegah kehilangan bahan organik melalui erosi dan pencucian. Terbentuknya lubang-lubang pada lapisan argilik juga akan memperbaiki aerasi

tanah dan juga memberi peluang akar tanaman untuk mampu menembus lapisan argilik, memperluas daerah jelajah akar dan mempertahankan tegaknya tanaman. Benang-benang hifa dari jamur benang (*fungi*) juga dapat memperkuat ikatan antar partikel tanah, sehingga dapat tahan terhadap gerusan erosi ataupun tekanan fisik lainnya.

Liang cacing tanah meningkatkan infiltrasi dan aerasi, menurunkan aliran permukaan dan erosi. Pembuatan liang di dalam tanah tidak hanya untuk mendukung pergerakan cacing tanah menghindari tekanan lingkungan, tetapi juga sebagai tempat menyimpan dan mencerna makanan (Schwert 1990). Setelah melalui pencernaan, sisa-sisa bahan yang termakan dilepaskan kembali sebagai buangan padat (kasting). Dengan adanya perbaikan aerasi tanah, respirasi akar tanaman maupun mikroba aerobik berlangsung dengan baik. Selain itu, cacing tanah endogaesis geofagus mampu mengonsumsi bahan organik dari fraksi ringan sampai berat, selanjutnya diakumulasi dalam kasting dan dideposit di daerah rhizosfir. Dalam kasting yang padat dan stabil, C-organik terlindung dari dekomposisi untuk dilepaskan sebagai CO₂.

Dengan memberikan bahan organik yang cukup dan menempatkannya secara tepat, cacing tanah dapat membuat liang di dalam tanah dan melakukan pengolahan tanah dengan mencampur bahan organik dan tanah hingga lapisan bawah serta menghasilkan kasting yang didepositkan pada rhizosfir. Subowo *et al.* (2003) menyatakan, pada kondisi normal/ideal pembuatan liang oleh cacing tanah endogaesis *P. hupiensis* lebih ditentukan oleh ketersediaan kapur (Ca), sedangkan pada kondisi kekeringan lebih membutuhkan fosfat (P).

2.4 Pemberian Bahan Organik Terhadap Perbaikan Sifat Fisik Tanah

2.4.1 Bahan Organik Terhadap Perbaikan Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah (Hardjowigeno, 1992). Gumpalan tanah terjadi karena butir-butir tanah yaitu pasir (2 mm - 0,05 mm), debu (0,05 mm - 0,002 mm) dan liat (< 0,002 mm) terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, koloid tanah, oksida-oksida besi dan silikat. Gumpalan-gumpalan kecil ini mempunyai bentuk, ukuran dan kemantapan yang berbeda-beda (Tabel 3) .

Tabel 3 . Bentuk dan Ukuran Butir-butir Struktur Tanah

Bentuk dan ukuran struktur tanah (mm)					Kelas Struktur
Lempeng	Prisma	Gumpal	Granular	Remah	
<1	<10	<5	<1	<1	Sangat Halus
1-2	10-20	5-10	1-2	1-2	Halus
2-5	20-50	10-20	2-5	2-5	Sedang
5-10	50-100	20-50	5-10	-	Kasar
>10	>100	>50	>10	-	Sangat Kasar

Sumber: Hardjowigeno, 1992

Tanah dengan struktur yang baik mempunyai tata udara yang baik, unsur hara lebih mudah tersedia bagi tanaman, dan tanah mudah diolah . Bentuk struktur yang baik adalah granular atau remah. Peran bahan organik dalam memperbaiki sifat fisika tanah selain porositas adalah terhadap struktur tanah. Pada struktur tanah selain oleh faktor pengolahan adalah oleh faktor bahan organik. Bahan organik disini merupakan bahan organik dari bahan-bahan yang sudah mengalami pelapukan sehingga terdekomposisi menjadi tanah dan pupuk.

Untuk Tanah Pasiran :

- Bahan organik dapat merubah struktur tanah pasiran dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal, sehingga meningkatkan derajat struktur dan ukuran agregat atau meningkatkan kelas struktur dari halus menjadi sedang atau kasar (Scholes *et al.*, 1994).
- Bahan organik (BO) dapat mengubah tanah yang semula tidak berstruktur (pejal) menjadi berstruktur lebih baik atau remah, dengan derajat struktur yang sedang hingga kuat.

2.4.2 Bahan Organik Terhadap Perbaikan Porositas Tanah

Tanah-tanah berkadar liat tinggi umumnya mempunyai ikatan antar agregat yang kuat, pori-pori sedikit, dan permeabilitasnya lambat. Pengertian dari permeabilitas tanah adalah mudah tidaknya udara, cairan atau akar-akar tanaman menembus atau melalui seongkah tanah atau lapisan tanah (Buckman dan Brady, 2002). Tanah seperti ini cepat sekali mengalami jenuh air, akibatnya air hujan tidak tertampung/terserap ke dalam tanah, dan akhirnya mengalir di permukaan. Bersama aliran permukaan tersebut terhanyut butir-butir tanah lapisan atas, yang disebut erosi permukaan (sheet erosion). Permeabilitas tanah yang baik pada lahan kering umumnya berkisar 1,5 - 5,0 cm jam⁻¹.

Pemberian pupuk kandang pada tanah berkadar liat tinggi dapat menambah jumlah pori-pori tanah, baik pori-pori mikro, meso, maupun makro. Disamping itu juga menghasilkan pori-pori yang berisi udara yang sangat diperlukan oleh akar tanaman maupun organisme mikro. Dengan bertambahnya jumlah pori-pori berarti akan menambah jumlah air yang dapat diserap oleh tanah tersebut. Pada tanah berbutir kasar (berpasir), ikatan butir-butir tanah sangat lemah, air sangat cepat meresap ke bawah. Apabila turun hujan air akan langsung meresap ke dalam tanah, tidak tertahan di lapisan atas/olah yang merupakan daerah perakaran. Selain itu apabila terkena pukulan air hujan butir-butir tanah akan mudah terlepas, dan pada lahan-lahan yang miring akan mudah sekali terjadi erosi. Pemberian pupuk kandang merubah daya ikat butir-butir tanah, sehingga air hujan tidak langsung meresap ke lapisan bawah. Selain itu sifat dari pupuk kandang itu sendiri mempunyai daya menyerap air yang tinggi. Pupuk kandang juga dapat meningkatkan pembentukan agregat tanah dengan baik, sehingga kepadatannya berkurang (Salam-Hadi, 1989).

Pengaruh bahan organik terhadap sifat fisika tanah yang lain adalah terhadap peningkatan porositas tanah. Porositas tanah adalah ukuran yang menunjukkan bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah yang terisi oleh udara dan air. Pori pori tanah dapat dibedakan menjadi pori mikro, pori meso dan pori makro. Pori-pori mikro sering dikenal sebagai pori kapiler, pori meso dikenal sebagai pori drainase lambat, dan pori makro merupakan pori drainase cepat. Tanah pasir yang banyak mengandung pori makro sulit menahan air, sedang tanah lempung yang banyak mengandung pori mikro drainasenya jelek. Pori dalam tanah menentukan kandungan air dan udara dalam tanah serta menentukan perbandingan tata udara dan tata air yang baik. Penambahan bahan organik pada tanah kasar (berpasir), akan meningkatkan pori yang berukuran menengah dan menurunkan pori makro. Dengan demikian akan meningkatkan kemampuan menahan air (Stevenson, 1982).

Pengaruh bahan organik terhadap peningkatan porositas tanah di samping berkaitan dengan aerasi tanah, juga berkaitan dengan status kadar air dalam tanah. Penambahan bahan organik akan meningkatkan kemampuan menahan air sehingga kemampuan menyediakan air tanah untuk pertumbuhan tanaman meningkat. Kadar air yang optimal bagi tanaman dan kehidupan mikroorganisme adalah sekitar kapasitaslapang. Penambahan bahan organik di tanah pasiran akan meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang, akibat dari meningkatnya pori yang berukuran menengah (meso) dan menurunnya pori makro, sehingga daya menahan air

meningkat, dan berdampak pada peningkatan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman (Scholes *et al.*, 1994). Terbukti penambahan pupuk kandang di Andisol mampu meningkatkan pori memegang air sebesar 4,73 % (dari 69,8 % menjadi 73,1 %) (Tejasuwarna, 1999).

2.5 Sifat Fisika Tanah

2.5.1 Ruang Pori Total (*Total porosity*)

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang dapat ditempati oleh udara dan air, serta merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah. Pori-pori tanah dapat dibedakan menjadi pori-pori kasar (makro) dan pori-pori halus (mikro). Pori-pori kasar berisi udara atau air gravitasi (air yang mudah hilang karena gaya gravitasi), sedangkan pori-pori halus berisi air kapiler atau udara. Tanah-tanah pasir mempunyai pori-pori kasar lebih banyak daripada tanah liat. Tanah yang banyak mengandung pori-pori kasar sulit menahan air sehingga tanahnya mudah kekeringan. Tanah liat mempunyai pori total (jumlah pori-pori makro+mikro), lebih tinggi daripada tanah pasir (Hardjowigeno 1992).

Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi jika kandungan bahan organik tinggi. Tanah dengan struktur granuler/remah mempunyai porositas yang lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan struktur *massive*/pejal. Tanah bertekstur kasar (pori makro) memiliki porositas lebih kecil daripada tanah bertekstur halus (pori mikro), sehingga sulit menahan air (Hardjowigeno 1992). Hal ini dikarenakan ruang pori total yang mungkin rendah tetapi mempunyai proporsi yang besar dimana disusun oleh komposisi pori-pori yang besar dan efisien dalam pergerakan udara dan air. Selanjutnya proporsi volume yang terisi pada tanah menyebabkan kapasitas menahan air menjadi rendah, dimana kandungan tekstur halus memiliki ruang pori lebih banyak dan disusun oleh pori-pori kecil karena proporsinya relatif besar (Hanafiah 2005).

Tabel 4. Klasifikasi Porositas Tanah

Porositas (% volume)	Kelas
100	Sangat Poros
80-60	Poros
60-50	Baik
50-40	Kurang Baik
40-30	Jelek
<30	Sangat Jelek

Sumber: Sutanto 2005

2.5.2 Retensi Air Tanah

Penambahan bahan organik pada tanah akan meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang, akibat dari meningkatnya pori yang berukuran menengah (meso) dan menurunnya pori makro, sehingga daya menahan air meningkat, dan berdampak pada peningkatan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman (Scholes *et al.*, 1994). Air tersedia bagi tanaman adalah kisaran nilai kandungan air di dalam tanah, dan sesuai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman. Retensi air tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap dan/atau menahan air di dalam pori-pori tanah, atau melepaskannya dari dalam pori-pori tanah. Kondisi ini sangat tergantung pada tekstur dan struktur tanah, pori tanah meso dan mikro, drainase, dan iklim khususnya suhu dan hujan. Oleh sebab itu, untuk mengkuantifikasi kebutuhan air dan mengoptimalkan penggunaan air irigasi, maka dengan mengetahui retensi air di dalam tanah merupakan upaya yang baik dalam perencanaan pertanian (Scholes *et al.*, 1994). Kebutuhan atau pengelolaan air didasarkan pada keseimbangan massa dan energi dengan mempertimbangkan kondisi iklim, stadium pertumbuhan tanaman dan sistem perakaran, kondisi air di dalam penampang tanah serta sifat-sifat hidrolik tanah (Hardjowigeno 1992). Lain halnya menurut para ahli bahwa pengaruh pemberian bahan organik tidak semua menyatakan bahwa dapat mempengaruhi retensi air tanah (Rawls *et al.* 2003), dapat dilihat pada Tabel 5 merangkum temuan penulis yang berbeda.

Authors	- 33 kPa	- 1500 kPa
Bauer and Black (1981)	Yes	Yes
Bell and van Keulen (1995)	No	Yes
Beke and McCormick (1985)	No	Yes
Petersen et al. (1968)	No	Yes
Calhoun et al. (1973)	Yes	No
Lal (1979)	No	No
Danalatos et al. (1994)	No	No
De Jong (1983)	Yes	Yes
Jamison and Kroth (1958)	Yes	Yes
Riley (1979)	Yes	Yes
McBride and MacIntosh (1984)	ND	Yes
Salter and Haworth (1961)	No	No

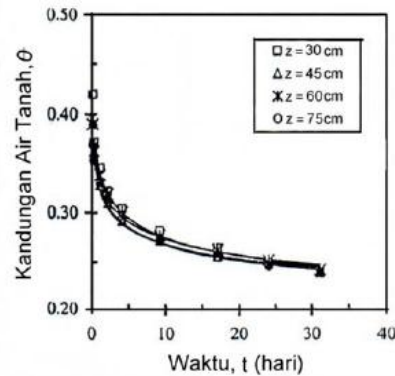
Batas atas nilai kandungan air yang dapat ditahan oleh tanah, yaitu pada saat proses pelepasan air dari dalam pori-pori tanah berhenti atau mencapai kecepatan yang dapat diabaikan, disebut kapasitas lapangan. Sedangkan batas bawah nilai kandungan air di dalam tanah, yaitu pada saat tanah tidak mampu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

2.5.3 Kapasitas Lapang

Kapasitas lapang adalah kandungan air di dalam tanah, biasanya dicapai 2 atau 3 hari sejak terjadi pembasahan atau hujan, dan setelah proses drainase berhenti. Definisi tersebut berlaku untuk penampang tanah homogen, dan tidak terjadi penguapan air permukaan tanah. Bila tanah dalam keadaan kering, pemberian air ditujukan untuk membasahi tanah sampai mencapai kapasitas lapangan, khususnya disekitar daerah perakaran tanaman. Kandungan air tanah pada kapasitas lapangan sangat tergantung pada berbagai macam faktor, diantaranya tekstur tanah, kandungan air tanah awal, dan kedalaman permukaan air tanah.

Kandungan air tanah berkurang secara eksponensial menurut waktu, namun 2-3 hari setelah drainase selesai, perubahan kandungan air tanah masih relatif besar, dan pergerakan air melalui drainase masih berlangsung. Gambar 1 menunjukkan perubahan kandungan air pada empat macam kedalaman tanah. Adanya nilai perubahan kandungan air tanah yang sedikit berbeda dengan bertambahnya kedalam, mengindikasikan penampang tanahnya relatif seragam. Hasil penelitian pada tanah bertekstur agak kasar menunjukkan berkurangnya kandungan air tanah terjadi secara

teratur, dan perubahan kandungan air tanah secara nyata tercapai 8-10 hari sejak drainase (Indranada, 1994).



Gambar 1. Hubungan kandungan air tanah dan waktu drainase, pada empat kedalaman tanah berbeda

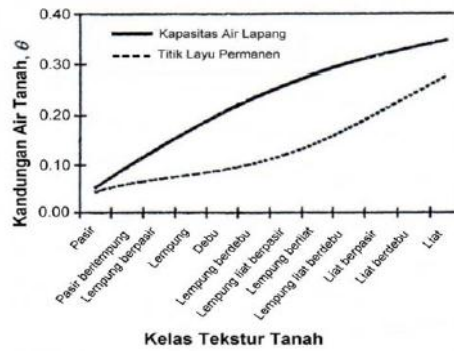
2.5.4 Titik Layu Permanen

Titik layu permanen adalah kandungan air tanah dimana tanaman sepenuhnya layu, dan pada akhirnya mati, karena tidak mampu lagi mengembalikan fungsi turgor dan aktivitas biologisnya. Ketika tanaman layu, kandungan air dalam daun mencapai nilai tertentu, tergantung jenis tanaman dan stadium pertumbuhannya, serta kondisi lingkungan. Pada titik layu permanen, tekanan air bervariasi dari -0.80 (~ -8 bar) sampai -2 (~ -20 bar) atau -3 MPa (~ -30 bar). Sifat-sifat retensi air oleh tanah pada matriks potensial air tanah rendah, seperti di daerah kering, variasi nilai kandungan air tanahnya juga rendah. Oleh karena itu, kandungan air tanah pada -1,5 Mpa dapat digunakan sebagai definisi yang sesuai untuk titik layu permanen. Titik layu permanen merupakan kandungan air tanah di mana akar – akar tanaman mulai tidak mampu lagi menyerap air dari tanah, sehingga tanaman menjadi layu. Tanaman akan tetap layu baik pada siang maupun malam hari (Hardjowigeno, 1992).

2.5.5 Air tersedia

Air tersedia biasanya dinyatakan sebagai air yang terikat antara kapasitas lapangan dan koefisien layu. Kadar air yang diperlukan untuk tanaman juga bergantung pada pertumbuhan tanaman dan beberapa bagian profil tanah yang dapat digunakan oleh akar tanaman. Tetapi kebanyakan untuk mendekati titik layunya absorpsi oleh air tanaman kurang begitu cepat, dapat mempertahankan pertumbuhan tanaman (Madjid, 2010). Jumlah air maksimum yang tersedia untuk tanaman adalah

selisih kandungan air pada kapasitas lapangan dan titik layu permanen, digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Kapasitas lapangan (garis penuh) dan titik layu permanen (garis putus-putus) sebagai fungsi kelas tekstur tanah. Nilai kandungan air antara dua garis tersebut adalah jumlah maksimum air tersedia.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Kebun Kopi Robusta PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Desa Bangelan Kecamatan Wonosari Kabupaten Malang pada bulan November-Desember 2013. Secara topografis daerah ini memiliki ketinggian 450-650 M dpl. Tahap pelaksanaan pada bulan Desember 2013 di lokasi Penelitian dan Pengamatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini meliputi:

Alat	Bahan
Cangkul	Karet gelang
Timbangan	Kertas Label
Penggaris	Air
Alat tulis	Sampel Tanah
Ring Sampel	Kantong Plastik
Kamera	Kain Kasa

Pengamatan sifat fisik tanah dilakukan dengan menggunakan peralatan yang ada di laboratorium fisika tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan Percobaan Penelitian ini menggunakan rancangan dasar yaitu rancangan yang menggunakan RAK “Rancangan Acak Kelompok Faktorial” sebagai rancangan percobaannya. Percobaan dilakukan di Kebun Kopi Robusta PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Desa Bangelan Kabupaten Malang.

Jenis Pupuk (Perlakuan) yang digunakan dalam Penelitian adalah

1. Pupuk NPK (P0) sebagai kontrol atau pembanding
2. Pupuk Kandang Sapi (P1)
3. Pupuk Kulit Buah Kopi (P2)
4. Pupuk Vermicomposting (P3)

Tingkat kedalaman tanah yang digunakan dalam Pengamatan adalah

1. Kedalaman 0-10 cm (K1)
2. Kedalaman 10-20 cm (K2)
3. Kedalaman 20-30 cm (K3)

Dengan melakukan ulangan percobaan sebanyak 7 kali ulangan.

Tabel 6. Parameter Penelitian

No	Parameter Penelitian
1	Kadar Air pF
2	Ruang Pori Tanah

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlokasi pada salah satu blok lahan kopi robusta yaitu blok 10 seluas 10 ha, didalam blok tersebut terdapat plot-plot dengan penggunaan beberapa jenis pupuk berbeda, yang terdiri dari plot pupuk vermikompos, plot pupuk kulit buah kopi, plot pupuk kandang sapi, dan plot tanpa bahan organik.

Pada masing-masing plot dengan penggunaan beberapa jenis pupuk yang berbeda, dibuat plot contoh didalam masing-masing plot tersebut berukuran 20 m x 20 m guna untuk membatasi daerah pengamatan. Pada plot contoh dilakukan secara acak pemilihan kriteria kondisi pohon kopi robusta yang kurang lebih seragam, pemilihan kriteria tersebut dengan memilih pohon kopi robusta yang tingkat kanopi dan tinggi pohonnya kurang lebih sama agar digunakan sebagai acuan titik pengambilan contoh tanah (Lampiran 2). Lokasi pengambilan contoh tanah dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Lokasi Pengambilan Sampel (tanah) yang digunakan Penelitian.

Simbol	Plot Penggunaan Jenis Pupuk	Umur Tanaman (Tahun)	Lokasi	Luas Blok (Ha)	Luas Plot (Ha)
P0	Tanpa Bahan Organik (Kontrol)	60	Blok 10	10	1
P1	Vermikompos	60	Blok 10	10	3
P2	Pupuk Kulit Buah Kopi	60	Blok 10	10	3
P3	Pupuk Kandang Sapi	60	Blok 10	10	3

Di lokasi pengamatan, pemberian pupuk pada tiap pohon kopi robusta dilakukan dengan cara disebar dipermukaan tanahnya. Dosis pemberian pupuk organik seperti vermikompos, pupuk kulit buah kopi dan pupuk kandang berbeda dengan dosis pemberian tanpa pupuk organik seperti pupuk NPK. Pada pupuk organik dosis yang diberikan sebesar 20 kg tiap pohonnya dengan waktu pemberian sekali dalam 1 tahun. Sedangkan tanpa pupuk organik dosis yang diberikan sebesar 0,205 kg tiap pohonnya dengan waktu pemberian sekali dalam 1 semester (6 bulan), jadi dalam setahun pemberian tanpa pupuk organik dilakukan 2 kali yaitu pada semester pertama guna merangsang lebih banyak pertumbuhan vegetatif pohon kopi robusta dan pada semester kedua agar merangsang mutu dari berat jenis atau ukuran buah kopi. Dosis yang diberikan selalu berubah-ubah setiap tahunnya sesuai ketentuan rekomendasi dari Pusat dan Penelitian PT. Perkebunan Nusantara XII (PUSLIT). Dosis dan cara pemberian pupuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Cara Pemberian dan Dosis Pupuk yang dipergunakan.

Simbol	Plot Penggunaan Jenis Pupuk	Dosis Pupuk (Per Pohon)	Waktu	Cara Pemberian Pupuk
P0	Tanpa Pupuk Organik	0,205 kg	1 x per 6 bulan	Disebar dipermukaan
P1	Vermikompos	20 kg	1 x per tahun	Disebar dipermukaan
P2	Pupuk Kulit Buah Kopi	20 kg	1 x per tahun	Disebar dipermukaan
P3	Pupuk Kandang	20 kg	1 x per tahun	Disebar dipermukaan

Sumber : Pusat dan Penelitian PT. Perkebunan Nusantara XII (2013)

3.4.1 Analisis Lapangan

Dengan cara mengambil sample tanah pada setiap titik pengamatan. Perlakuan yang digunakan berjumlah 4 perlakuan. Pengambilan sample tanah untuk perlakuan atau analisa Retensi Air tanah.

A. Untuk Mengetahui Retensi Air Tanah

Konsep air tanah dapat disediakan oleh tanah untuk pertumbuhan tanaman, adalah air yang ditahan oleh tanah. Untuk mengetahui retensi air tanah, dapat dilakukan berdasarkan penetapan kandungan air tanah pada kapasitas lapang dan titik layu permanen. Untuk pengambilan sampel menggunakan ring dengan diameter

5cm dan tinggi 7cm. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-10cm, 10-20 cm dan 20-30cm. Kemudian analisa di laboratorium.

3.4.2 Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Sampel tanah hasil pengambilan dari lapang kemudian dilakukan uji laboratorium. Uji laboratorium untuk dua pengamatan yaitu uji laboratorium Kadar Air Kapasitif Lapang, Titik Layu Permanen, Air Tersedia, Ruang Pori.

A. Uji Laboratorium untuk Mengetahui Retensi Air Tanah

Penetapan kandungan air tanah dilakukan di laboratorium pada hisapan matrik potensial tinggi menggunakan *Pressure plate apparatus* dan *kaolin box*.

- Persamaan kadar air pF

$$\begin{aligned} \mathbf{K_a (w)} &= \mathbf{M_a / M_p} \\ &= \mathbf{(M_b - M_p) / M_p \text{ g.g-1}} \end{aligned}$$

- Bila kadar air massa (w) di rubah ke kadar air Volume (\emptyset)

$$\mathbf{K_a (\emptyset) = w (g.g-1) \times (B_I (g.cm-3) / B_J (g.cm-3))}$$

M_a : Massa air

M_p : Massa padatan

M_b : Massa tanah basah

K : Massa kaleng

3.5 Analisis Data

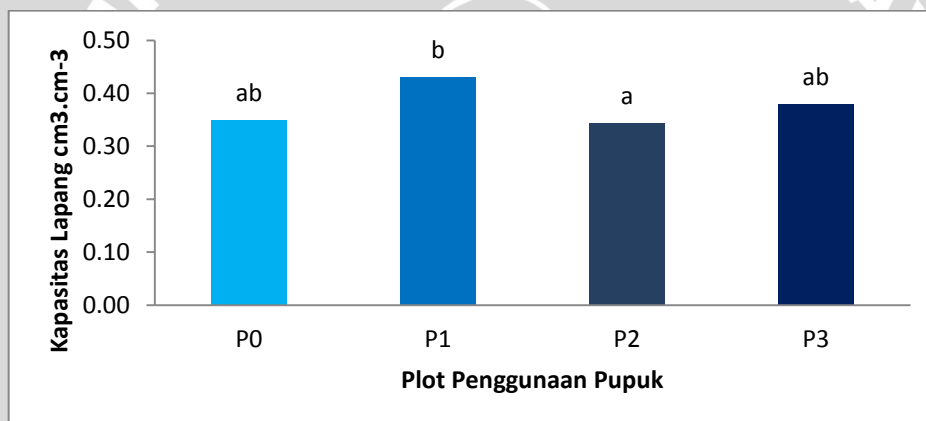
Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan menggunakan Anova, bila antar parameter terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji BNT 5% menggunakan Microsoft Office Excel 2010. Kemudian untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan dilakukan uji korelasi dengan menggunakan Microsoft Office Excel 2010 dan Minitab 14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapasitas Lapang

Pemberian pupuk organik dan kedalaman tanah memiliki perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) terhadap kadar air kapasitas lapang (Lampiran 5). Hasil pengamatan nilai kadar air kapasitas lapang termasuk tinggi hingga sedang. Hasil pengukuran kadar air kapasitas lapang dapat disajikan pada Gambar 5.

Rata-rata kadar air kapasitas lapang tertinggi dijumpai pada plot P1 (0.43 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) dan terendah pada plot P2 (0.34 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$). Pada P3 juga dapat meningkatkan kadar air kapasitas lapang, namun pada P0 (pupuk anorganik) menunjukkan nilai kadar air kapasitas lapang terendah.



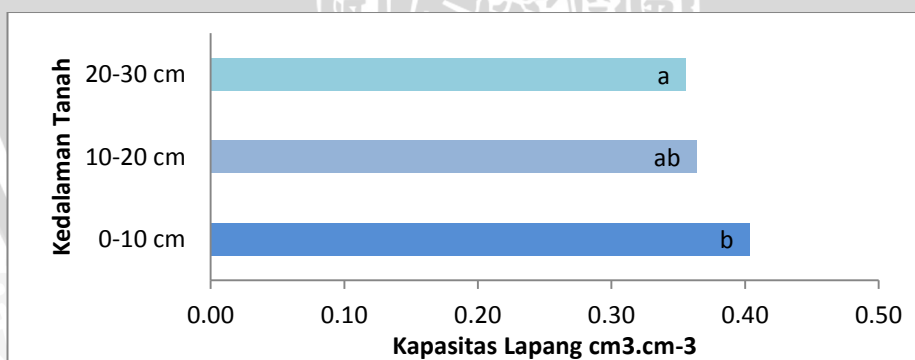
Gambar 5. Sebaran rata-rata nilai kapasitas lapang pada masing-masing plot penggunaan jenis pupuk di perkebunan berbasis kopi robusta. (Keterangan: Histogram menurut uji BNT taraf 5% (0.093) antar perlakuan pada kedalaman 0-30 cm. P0: plot pupuk NPK, P1: plot vermikompos, P2: plot pupuk kulit buah kopi, P3: plot pupuk kandang, dan)

Penambahan bahan organik sebesar 20 kg phn^{-1} kopi nyata dapat meningkat kadar air kapasitas lapang pada perlakuan pupuk vermikompos (P1) dan berbeda nyata dengan kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang pada perlakuan pupuk kulit buah kopi (P2) dan tidak berbeda nyata dengan pupuk kandang (P3) dan pupuk NPK atau tanpa bahan organik (P0). Penambahan Bahan Organik di tanah yang berupa kompos akan meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang, sehingga daya menahan air meningkat, dan berdampak pada peningkatan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman (Scholes *et al.*, 1994).

Kadar air kapasitas lapang tinggi pada perlakuan pupuk vermikompos dari perlakuan kontrol disebabkan oleh meningkatnya porositas total akibat agregasi tanah yang lebih baik dengan adanya bahan organik tersebut. Hal ini disebabkan C/N rasio pupuk vermikompos (C/N rasio 3.35) < pupuk kulit buah kopi (C/N rasio 5.42) < pupuk kandang (C/N rasio 8.51) sehingga pupuk vermikompos lebih mudah terdekomposisi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Implikasinya adalah bahwa pupuk vermikompos berperan lebih besar dalam meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang (Madjid, 2010).

Pemberian bahan organik akan menciptakan ruang pori tanah lebih banyak karena hasil dekomposisi bahan organik seperti polasakarida, getah bakteri dan benang-benang hifa dapat bertindak sebagai agen pengikat butiran tanah primer menjadi agregat. Penurunan bahan organik tanah akan menyebabkan peningkatan berat isi tanah dan menurunkan porositas tanah, stabilitas agregat dan kadar air kapasitas lapang (Li, Zhan dan Singh, 2007).

Kedalaman tanah menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kadar air kapasitas lapang. Kadar air kapasitas lapang pada berbagai perlakuan menunjukkan nilai kadar air semakin rendah dengan bertambahnya kedalaman tanah Gambar 6.



Gambar 6. Sebaran rata-rata kadar air kapasitas lapang pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi. (Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5% (0.053). (P0) plot pupuk NPK, (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

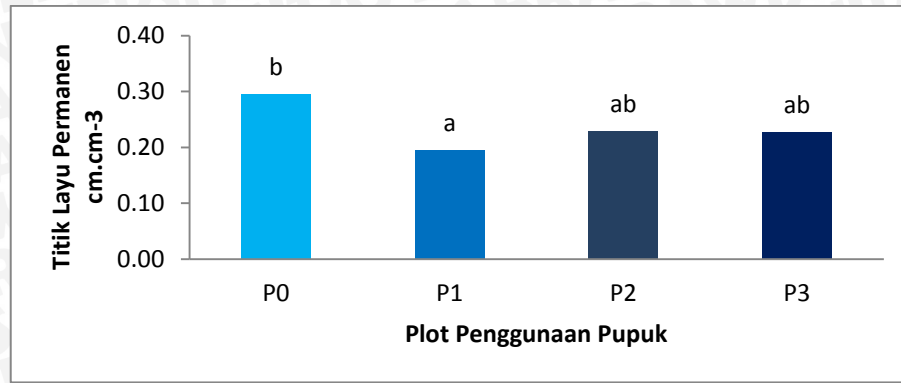
Pemberian bahan organik (pupuk vermikompos, pupuk kulit buah kopi, dan pupuk kandang) mengakibatkan kadar air kapasitas lapang pada kedalaman 0-10 cm memiliki nilai yang tinggi yaitu $0,40 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$. Hal ini disebabkan pemberian pupuk dengan cara disebar mengakibatkan kadar bahan organik terbanyak ditemukan di lapisan atas. Semakin ke bawah kadar bahan organik semakin berkurang, disebabkan akumulasi bahan organik terkonsentrasi di lapisan atas. Pemberian bahan organik berupa dapat memperbaiki kualitas tanah seperti meningkatkan kadar C-organik dan aktivitas biota tanah sehingga porositas dapat meningkat, terutama pada lapisan permukaan tanah (Karlen *et al.*, 1994).

Hal tersebut juga didukung dalam hasil penelitian yang telah dilakukan dengan tekstur tanah yang ada dilokasi pengamatan yang lebih dominan adalah liat sebesar 68 % (Johandre,2014). Kadar air kapasitas lapang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekstur tipe *clay*, kandungan bahan organik, evapotranspirasi, dll (Baver,1959).

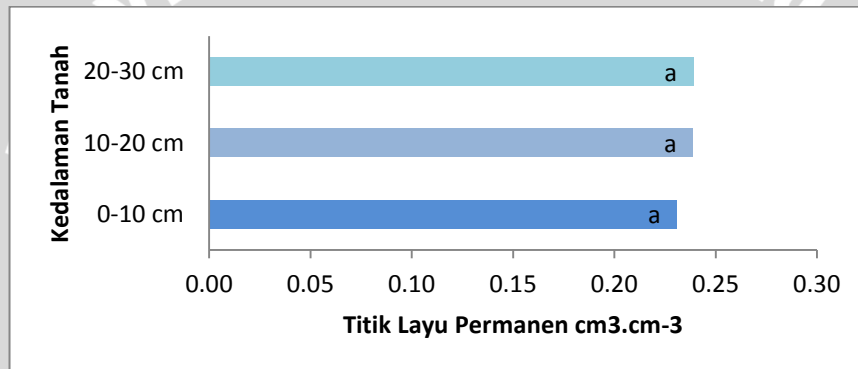
4.2 Titik Layu Permanen

Pemberian pupuk organik dan kedalaman tanah memiliki perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) terhadap titik layu permanen (Lampiran 6). Titik layu permanen merupakan kondisi dimana tanaman tidak bisa menyerap air di dalam tanah, sehingga akar tanaman mulai tidak dapat menghisap air dan layu secara permanen. Hasil pengamatan nilai titik layu permanen termasuk rendah dan sedang. Hasil pengukuran titik layu permanen dapat disajikan pada Gambar 7.

Rata-rata titik layu permanen tertinggi dijumpai pada plot pupuk NPK ($0.29 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$) dan terendah pada plot pupuk vermikompos ($0.19 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$). Pada P1 (vermikompos) dapat menurunkan titik layu permanen, namun pada P2 (kulit buah kopi) dan P3 (pupuk kandang) tidak menunjukkan penurunan titik layu permanen.



Gambar 7. Sebaran rata-rata kadar air titik layu permanen pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi. (Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5% (0.106). (P0) plot pupuk NPK, (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

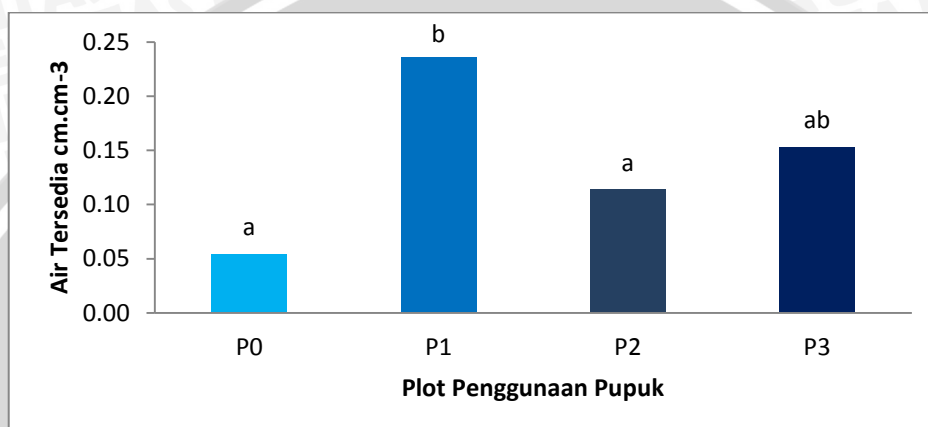


Gambar 8. Sebaran rata-rata kadar air titik layu permanen pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi. (Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5% (0.064). (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang, dan (P4) plot pupuk NPK)

Pengamatan pada plot pupuk kulit buah kopi (P2) dan plot kontrol yaitu plot yang menggunakan pupuk NPK memiliki nilai titik layu permanen yang tinggi pada tiap kedalaman 0-30 cm. Hal ini disebabkan karena pada plot pupuk kulit buah kopi (P2) dan plot kontrol (P0) memiliki nilai berat isi tanah yang tinggi, rata-rata berat isi tanah tertinggi dijumpai pada plot pupuk NPK (P0) sebesar 0,96 g cm⁻³ dan terendah pada plot pupuk kandang (P3) yaitu 0,84 g cm⁻³ (Surya, 2014).

4.3 Retensi Air Tanah

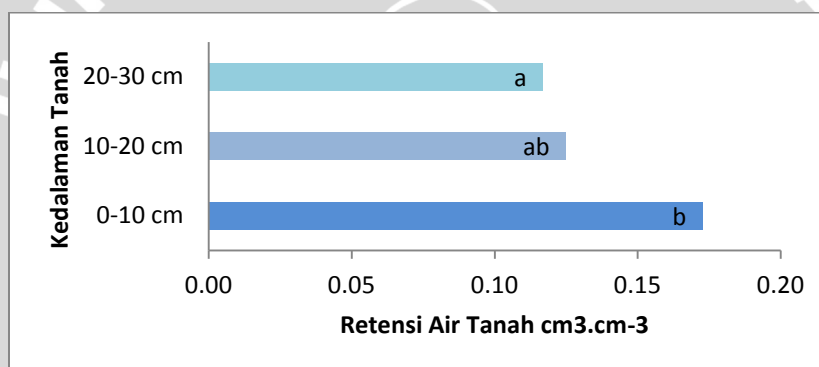
Air tersedia biasanya dinyatakan sebagai air yang terikat antara kapasitas lapang dan koefisien layu atau titik layu permanen. Kondisi ini berkaitan erat dengan kemampuan tanah dalam menahan air atau disebut retensi air tanah. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian bahan organik terhadap retensi air tanah Gambar 8.



Gambar 9. Sebaran rata-rata kadar air tersedia pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi. (Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5% (0.12). (P0) plot pupuk NPK, (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

Jumlah air yang tersedia di dalam tanah bergantung pada kemampuan tanah menyerap dan meruskan air yang diterima di permukaan tanah di lapisan bawahnya. Kemampuan tanah menahan air dipengaruhi oleh tekstur dan bahan organik tanah (Intara *et al.*, 2011). Air mempunyai fungsi yang penting dalam tanah, antara lain pada proses pelapukan mineral dan bahan organik tanah yaitu reaksi yang mempersiapkan hara larut bagi pertumbuhan tanaman. Akan tetapi jika air terlalu banyak bila terjadi evaporasi tinggi kandungan hara dan garam mungkin terangkat kelapisan atas (Hanafiah, 2005). Pemberian bahan organik mengakibatkan kemantapan agregat lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian bahan organik, sehingga pemberian bahan organik dalam jangka panjang (± 10 tahun) dapat meningkatkan kemantapan agregat, hal ini dapat berpengaruh terhadap retensi air tanah pada pemberian bahan organik terutama pada pemberian vermikompos (P1) yang menunjukkan retensi air tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan P2, P3 dan P0 tanpa bahan organik. Seperti halnya pada P0,

P1, P2, dan P3 menunjukkan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) bahwa ketersediaan air tanah lebih tinggi pada kedalaman tanah 0-10 cm, dan terjadi penurunan kadar air tersedia pada tiap kedalaman 10-20 cm dan 20-30 cm. Hal ini diduga pemberian bahan organik hanya pada lapisan atas dengan pengaplikasian pupuk ditebar di permukaan tanah. Besarnya nilai kadar air tersedia dalam plot penggunaan pupuk vermikompos didukung dengan tekstur tanah yang memiliki kandungan liat yang lebih tinggi yaitu 68%, dan kemantapan agregat yang lebih tinggi pada plot vermikompos pada kedalaman 0-10 cm. Sependapat dengan Hardjowigeno (1992), yang menyatakan bahwa tanah-tanah yang bertekstur memiliki tekstur yang lebih halus, sehingga daya ikatannya kuat sehingga kemampuan tanah dalam mengikat air rendah karena pori-pori tanah semakin kebawah semakin kecil.



Gambar 10. Sebaran rata-rata kadar air tersedia pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi. (Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5% (0.11). (P0) plot pupuk NPK), (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

4.4 Ruang Pori

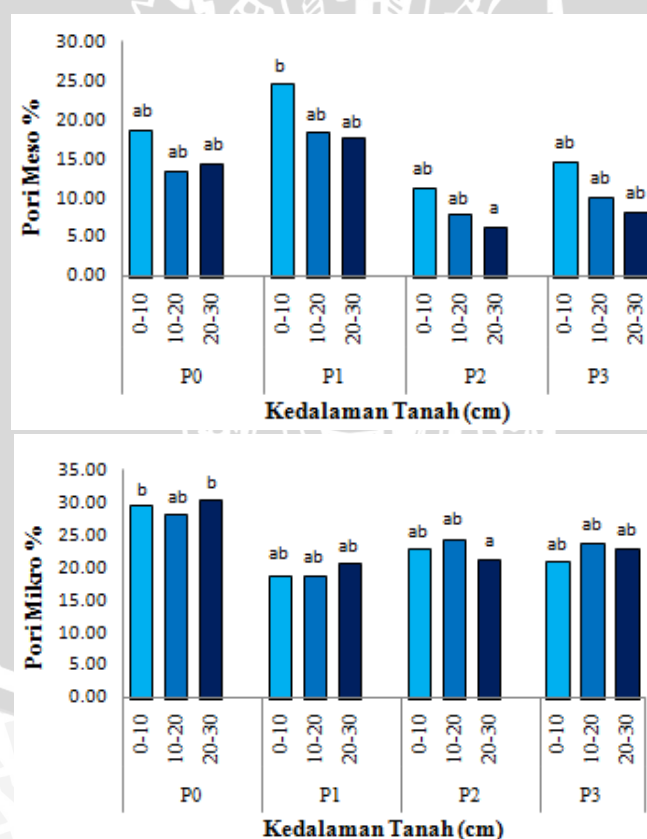
Pori pori tanah dibedakan menjadi pori mikro, pori meso dan pori makro. Pori-pori mikro sering dikenal sebagai pori kapiler, pori meso dikenal sebagai pori drainase lambat, dan pori makro merupakan pori drainase cepat. Pemberian pupuk dan kedalaman tanah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) terhadap pori makro (Lampiran 8). Sebaran rata-rata pori makro pada masing-masing plot penggunaan pupuk dapat disajikan pada Tabel 9.

Plot Penggunaan	Pori Makro
Pupuk	
P0	10.56
P1	9.81
P2	9.79
P3	7.74
BNT 5%	tn

Tabel 9. Sebaran rata-rata pori makro pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi.

(Keterangan: Histogram antar perlakuan menurut uji BNT 5%. (P0) plot pupuk NPK, (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk terhadap pori makro tidak berpengaruh nyata. Hal ini diduga karena pori makro juga dipengaruhi oleh tekstur tanah. Dengan persentase tekstur liat yang lebih dominan sehingga kerapatan partikelnya rendah.



Gambar 11. Sebaran rata-rata ruang pori Meso dan Mikro pada kedalaman tanah 0-30 cm masing-masing plot penggunaan pupuk di perkebunan berbasis kopi.

(Keterangan: Histogram menggunakan perlakuan menurut uji BNT 5% (pori meso 13.4 & pori mikro 11.2). (P0) plot pupuk NPK, (P1) plot vermikompos, (P2) plot pupuk kulit buah kopi, (P3) plot pupuk kandang.

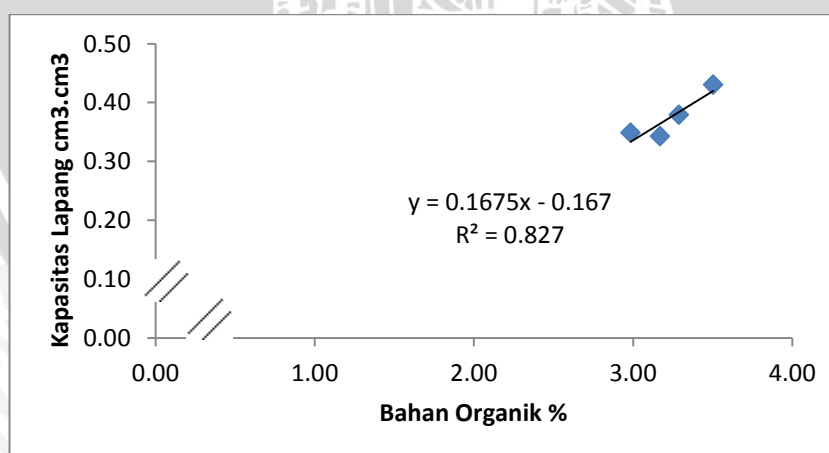
Perlakuan pada tanah juga memberi pengaruh yang nyata pada ruang pori lapisan tanah. Jumlah pori dalam sub soil tanah pertanian menjadi berkurang meskipun berkurangnya agak lambat. Penanaman secara terus-menerus terutama pada tanah yang mula-mula tinggi bahan organiknya kerap kali mengakibatkan pengurangan pori-pori makro. Hal ini diikuti dengan kenaikan pori-pori mikro yang memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Pengurangan jumlah pori-pori makro ada hubungannya dengan bahan organik yang semakin berkurang (Buckman dan Brandy, 2002). Bahan organik yang bersifat agak plastis mampu menjadikan struktur tanah dan agregat tanah lebih mantap dan perbaikan porositas tanah dengan menurunkan berat isi tanah, meningkatnya nilai porositas tanah, indeks stabilitas agregat dan agregasi tanah (Helmi, 2009). Pada tanah yang bertekstur liat, pemberian bahan organik akan meningkatkan pori meso dan menurunkan pori mikro. Dengan demikian akan meningkatkan pori yang terisi udara dan menurunkan pori yang terisi air, artinya akan terjadi perbaikan aerasi untuk tanah. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tekstur tanah yang terdapat pada plot penelitian yaitu pada plot pemberian pupuk vermikompos memiliki tektur liat yang lebih tinggi yaitu 68% (Surya,2014). Salah satu pentingnya dilakukan pengolahan tanah adalah untuk memperbesar porositas tanah. Selain pengolahan tanah, adapun cara lain yang dilakukan untuk memperbesar porositas tanah yaitu dengan penambahan bahan organik dan pengolahan tanah secara minimum. Karena tanah pertanian dengan pengolahan yang intensif cenderung mempunyai ruang pori yang rendah, apabila terjadi penanaman secara terus-menerus tanpa adanya pengolahan tanah maka akan mengurangi pori-pori mikro dan kandungan bahan organik di dalam tanah (Hakim *et al*, 1986).

4.5 Pembahasan Umum

4.5.1 Hubungan Bahan Organik Tanah Terhadap Kapasitas Lapang

Pemberian bahan organik terbukti mampu meningkatkan nilai kadar air kapasitas lapang. Hal ini dapat dilihat dari nilai kadar air kapasitas lapang pada pupuk organik lebih tinggi daripada pupuk anorganik. Hubungan antara bahan organik dengan kadar air kapasitas lapang berupa garis linier yaitu $y = 0,167x - 0,167$, dengan x adalah kandungan bahan organik dan y adalah kadar air kapasitas lapang dan $R^2 = 0,827$ dan korelasi $r = 0,710$. dari hasil regresi dan korelasi tersebut menunjukkan bahwa kandungan bahan organik memiliki hubungan yang sangat kuat dan memiliki hubungan korelasi yang positif dengan kadar air kapasitas lapang. Kebutuhan air tanaman sangat optimal pada kapasitas lapang, sehingga air dapat diserap oleh tanaman dalam kondisi kapasitas lapang. Jika bahan organik telah melapuk, maka kemampuan tanah mengikat air akan meningkat dan pencucian hara akan semakin berkurang (Samosir, 2002).

Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya bahan organik akan diikuti oleh peningkatan kadar air kapasitas lapang terutama pada kedalaman 0-10 cm sedangkan pada kedalaman 10-30 cm tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan (Gambar 10). Hal ini disebabkan karena pemupukan hanya diaplikasikan pada permukaan tanah.

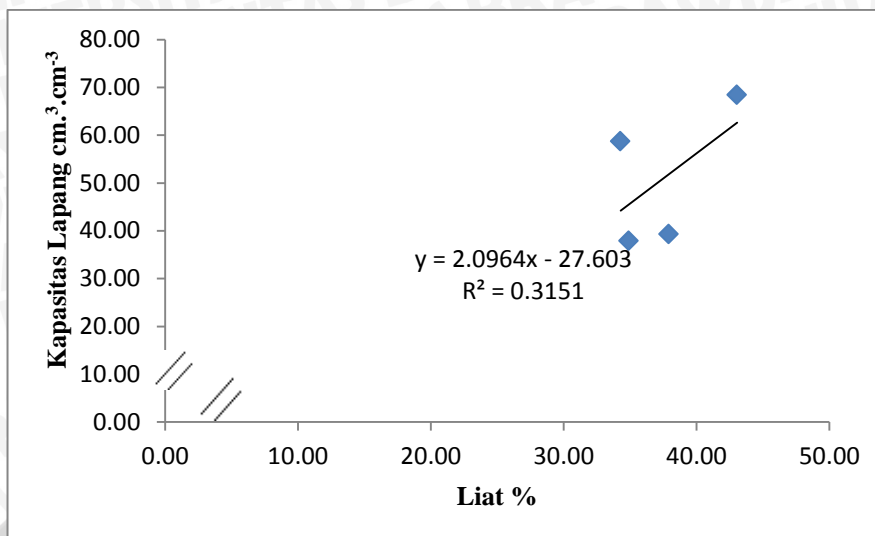


Gambar 12. Hubungan antara kandungan Bahan Organik dengan Kapasitas Lapang

Aplikasi pupuk organik berupa vermikompos menunjukkan hasil yang lebih baik terhadap bahan organik tanah, kadar air kapasitas lapang, ketersediaan air, dan ruang pori terutama pori meso bila dibandingkan dengan aplikasi pupuk yang lain (Gambar 3,5,8 dan 9). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa vermikompos memiliki kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi pupuk yang lain. Vermikompos sebagai proses dekomposisi bahan organik yang melibatkan kerjasama antara cacing tanah dan mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan dalam vermikomposting terutama bakteri, fungi, dan actinomycetes (Dominguez *et al*, 1997).

Tekstur tanah liat mempunyai ukuran pori yang bervariasi, sebagian besar merupakan pori yang berukuran kecil sehingga daya hantar air sangat lambat namun kemampuannya dalam menyimpan air dan hara tanaman tinggi. Air yang diserap dengan energi yang tinggi sehingga sulit dilepaskan kembali, hal ini menyebabkan tanah yang bertekstur liat memiliki kapasitas mengikat air yang tinggi.

Kadar air kapasitas lapang berkorelasi positif dengan tekstur liat sebesar 0.283. Hubungan antara bahan organik dengan kadar air kapasitas lapang berupa garis linier yaitu $y = 2,096x - 27,60$, dengan x adalah kandungan bahan organik dan y adalah kadar air kapasitas lapang dan $R^2 = 0,315$, nilai positif menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi adalah hubungan berbanding lurus, peningkatan nilai kadar air kapasitas lapang dipengaruhi oleh nilai tekstur liat didalam tanah, nilai korelasi sebesar 0,283 menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi antara tekstur liat dengan kadar air kapasitas lapang adalah hubungan yang rendah, tekstur tanah memberikan pengaruh yang besar terhadap kadar air kapasitas lapang.

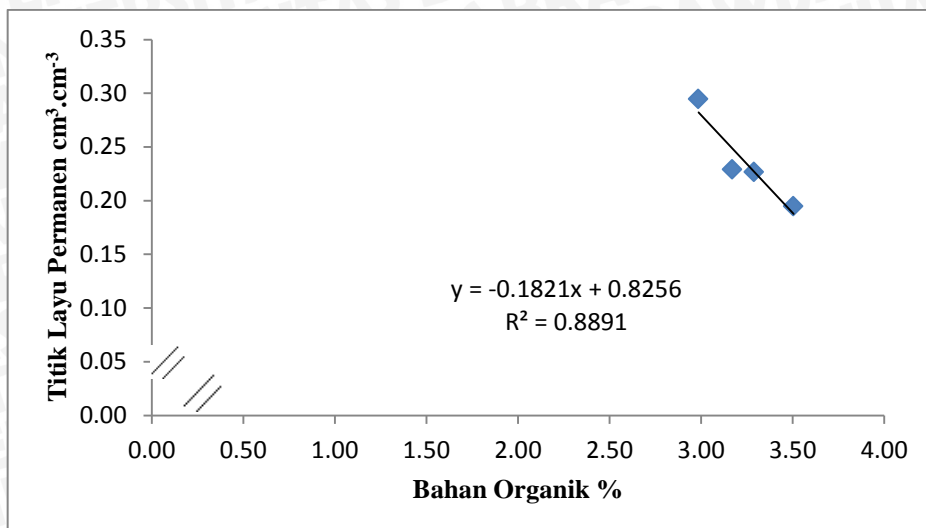


Gambar 13. Hubungan antara kandungan Liat dengan Kapasitas lapang

4.5.2 Hubungan Bahan Organik Tanah Terhadap Titik Layu Permanen

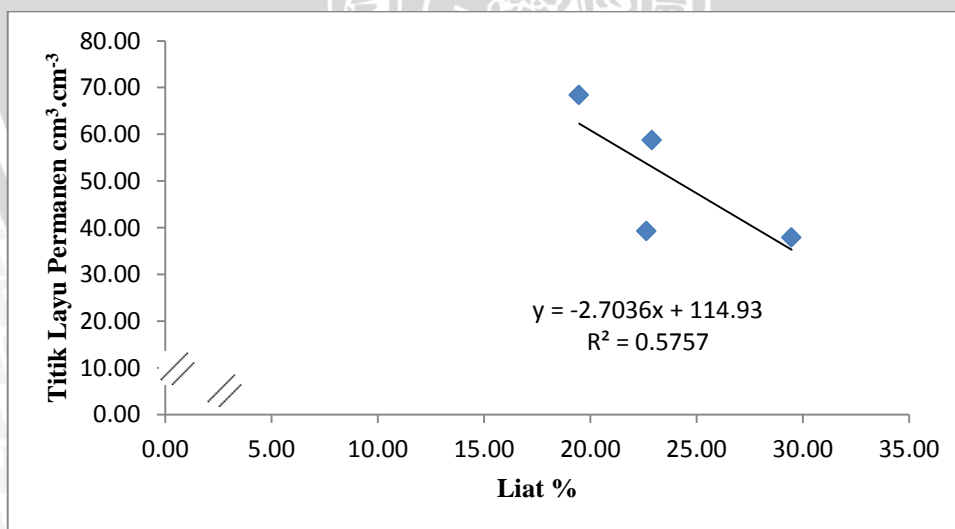
Air di dalam tanah dapat berkurang karena adanya penguapan, perkolasi, dan penyerapan air oleh akar tanaman. Bila dalam jangka waktu tertentu tidak ada penambahan air ke dalam tanah baik itu oleh hujan maupun irigasi, maka tanah akan mengalami kekeringan sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Hubungan antara bahan organik dengan titik layu permanen berupa aris linier yaitu $y = -0,182x + 0,825$, dengan x adalah kandungan bahan organik dan y adalah titik layu permanen dan $R^2 = 0,889$ dan korelasi $r = -0,383$. Artinya hubungan antara titik layu permanen dengan bahan organik kuat dan memiliki hubungan korelasi negatif. Semakin tinggi nilai titik layu permanen maka tanaman tidak bisa menyerap air dengan baik, sehingga tanaman menjadi layu dan kelama-lamaan akan mengering.

Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya bahan organik akan diikuti oleh penurunan nilai titik layu permanen, pada aplikasi (P1) pupuk vermikompos nilai titik layu permanen pada plot aplikasi pupuk tersebut mengalami penurunan. Lain halnya dengan (P2) pupuk kulit buah kopi dan (P0) NPK nilai titik layu permanen terlihat lebih tinggi (Gambar 11).



Gambar 14. Hubungan antara kandungan Bahan Organik dengan Titik Layu Permanen

Titik layu permanen berkorelasi negatif dengan tekstur liat sebesar -0,671. Hubungan antara bahan organik dengan titik layu permanen berupa garis linier yaitu $y = -2,703x + 114,9$, dengan x adalah kandungan bahan organik dan y adalah titik layu permanen dan $R^2 = 0,575$, nilai negatif menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi adalah hubungan berbanding terbalik, nilai korelasi sebesar -0,671 menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi antara tekstur liat dengan titik layu permanen adalah hubungan tidak erat, tekstur tanah memberikan pengaruh yang besar terhadap titik layu permanen.

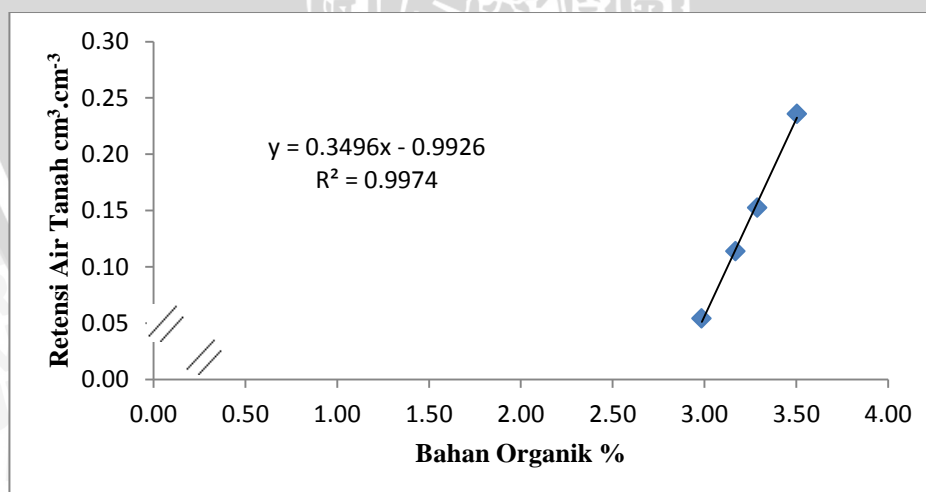


Gambar 15. Hubungan antara kandungan Liat dengan Titik Layu Permanen

4.5.3 Hubungan Bahan Organik Tanah Terhadap Retensi Air Tanah

Ketersediaan air akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Hasil korelasi dan regresi antar kadar air tersedia dan bahan organik berupa garis linier $y = 0,349x - 0,992$, dengan x adalah kandungan bahan organik dan y adalah kadar air tersedia diperoleh nilai $R^2 = 0,997$ dan korelasi $r = 0,628$. Artinya hubungan antara kadar air tersedia dan bahan organik memiliki hubungan yang cukup erat dan memiliki hubungan korelasi yang positif. Semakin besar kemampuan tanah menyimpan air maka air akan tersedia bagi tanaman, sehingga akar tanaman dapat menyerap air tersebut. Air tersedia bagi tanaman yaitu berkisar antara kapasitas lapang dan titik layu permanen (Solichatun *et al*, (2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan bahan organik dan air tersedia dalam tanah, terutama pada kedalaman 0-10 cm sedangkan pada kedalaman 10-30 cm tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan (Gambar 12). Hal ini disebabkan karena pemupukan hanya diaplikasikan pada permukaan tanah. Sesuai dengan pendapat Hanafiah (2005) yang menyatakan bahwa kadar air tanah dipengaruhi oleh kadar bahan organik tanah, makin tinggi kadar bahan organik tanah akan makin tinggi kadar air.

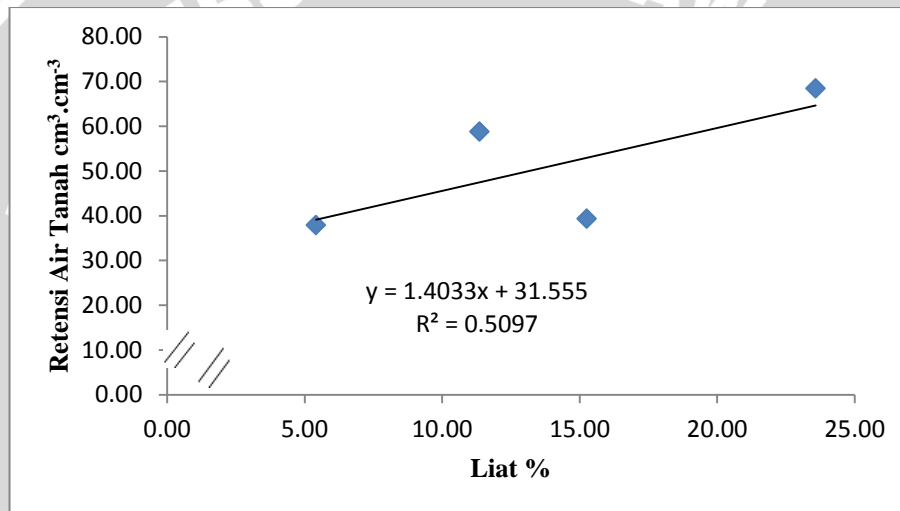


Gambar 16. Hubungan antara kandungan Bahan Organik dengan Retensi Air Tanah

Aplikasi pupuk organik berupa vermikompos menunjukkan hasil yang lebih baik terhadap bahan organik tanah, kadar air kapasitas lapang, ketersediaan

air, dan ruang pori terutama pori meso bila dibandingkan dengan aplikasi pupuk yang lain (Gambar 3,5,8 dan 9). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa vermikompos memiliki kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi pupuk yang lain.

Tekstur tanah liat mempunyai ukuran pori yang bervariasi, sebagian besar merupakan pori yang berukuran kecil sehingga daya hantar air sangat lambat namun kemampuannya dalam menyimpan air dan hara tanaman tinggi. Air yang diserap dengan energi yang tinggi sehingga sulit dilepaskan kembali, hal ini menyebabkan tanah yang bertekstur liat memiliki kapasitas memegang air yang tinggi.

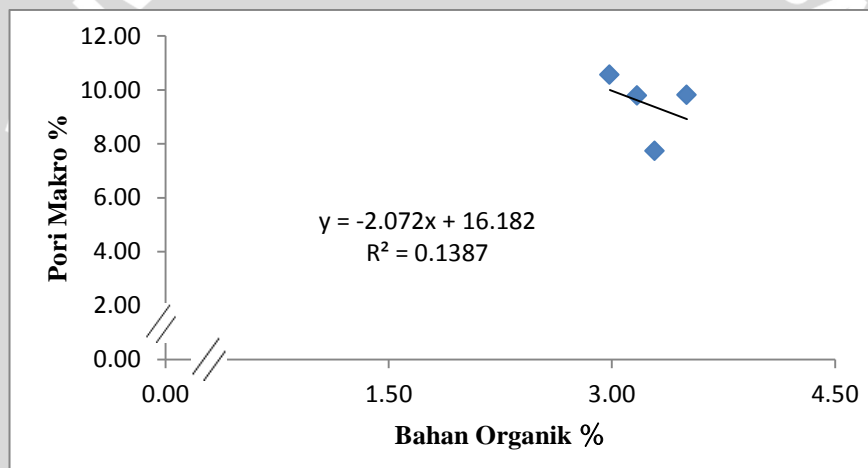


Gambar 17. Hubungan antara kandungan Liat dengan Air Tersedia

Kadar air tersedia berkorelasi positif dengan tekstur liat sebesar 0,525, nilai positif menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi adalah hubungan berbanding lurus, penambahan nilai kadar air tersedia dipengaruhi oleh penambahan tekstur liat didalam tanah, nilai korelasi sebesar 0,525 menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi antara tekstur liat dengan kadar air tersedia adalah hubungan yang erat, tekstur tanah memberikan pengaruh yang besar terhadap kadar air tersedia. Terlihat semakin tinggi jumlah liat, kadar air tersedia semakin meningkat, hal ini dikarenakan sifat dari tekstur liat itu sendiri yang memiliki kapasitas memegang air yang tinggi karena sebagian ukurannya yang kecil (Rofiah,2003).

4.5.4 Hubungan Bahan Organik Tanah Terhadap Ruang Pori

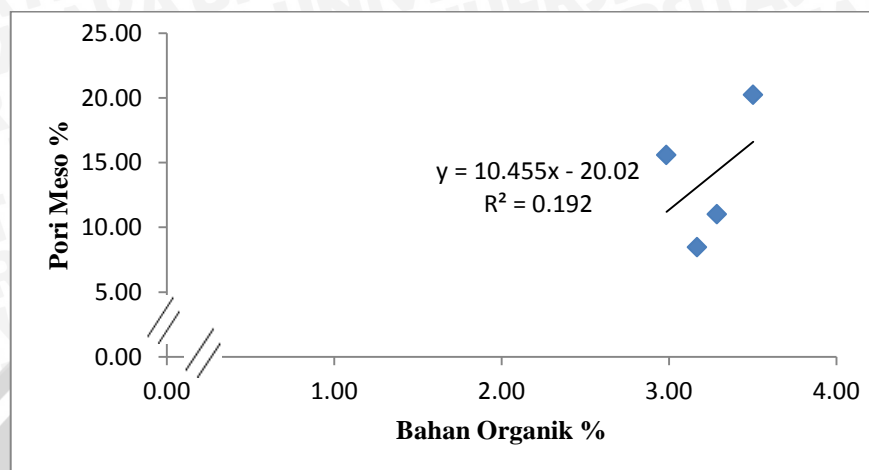
Berdasarkan hasil korelasi dan regresi antara bahan organik dan pori makro berupa garis linier $y = -2,072x + 16,18$, dengan nilai x adalah bahan organik dan y adalah pori makro menghasilkan nilai regresi $R^2=0.138$ dan korelasi $r=0.394$. artinya hubungan antara bahan organik dan pori makro sangat kuat dan memiliki hubungan korelasi yang positif. Semakin tinggi bahan organik maka pori Makro akan menurun, namun jika kandungan bahan organik rendah maka pori Makro akan meningkat. Penambahan bahan organik pada tanah, akan meningkatkan pori yang berukuran menengah dan menurunkan pori makro. Dengan demikian akan meningkatkan kemampuan menahan air (Stevenson, 1982).



Gambar 18. Hubungan Bahan Organik dengan Pori Makro

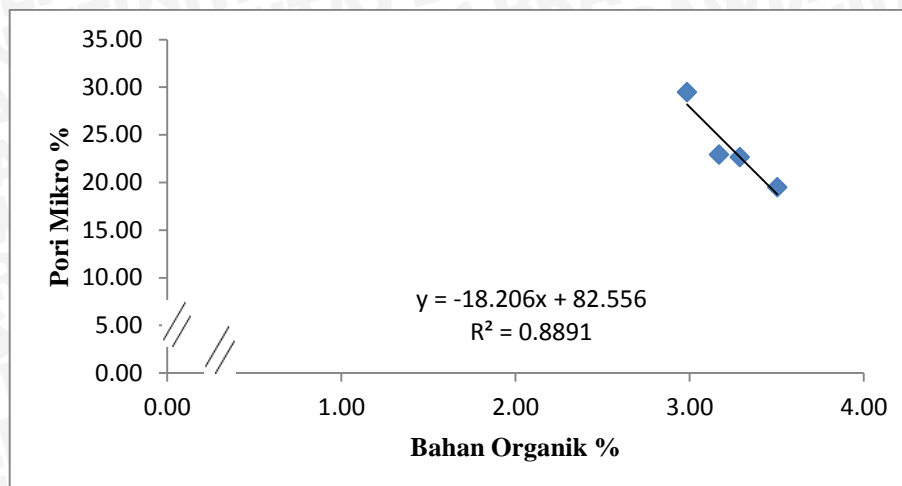
Berdasarkan hasil korelasi dan regresi antara bahan organik dan pori meso berupa garis linier $y = 10,45x - 20,02$, dengan nilai x adalah bahan organik dan y adalah pori meso menghasilkan nilai regresi $R^2 = 0,192$ dan korelasi $r=0,563$. artinya hubungan antara bahan organik dan pori meso sangat erat dan memiliki hubungan korelasi yang positif. Semakin tinggi bahan organik maka pori Meso akan meningkat, namun jika kandungan bahan organik rendah maka pori Meso akan menurun. Pada tanah dengan tekstur yang halus, pemberian bahan organik akan meningkatkan pori meso dan menurunkan pori mikro. Dengan demikian akan meningkatkan pori yang dapat terisi udara dan menurunkan pori yang terisi air, artinya akan terjadi perbaikan aerasi untuk tanah. Terbukti penambahan bahan

organik (pupuk kandang) dan kompos akan meningkatkan pori total tanah dan akan menurunkan berat volume tanah (Wiskandar, 2002).



Gambar 19. Hubungan Bahan Organik dengan Pori Meso

Berdasarkan hasil korelasi dan regresi antara bahan organik dan pori mikro berupa garis linier $y = -18,20x + 82,55$, dengan nilai x adalah bahan organik dan y adalah pori mikro menghasilkan nilai regresi $R^2 = 0,889$ dan korelasi $r = -0,383$. Artinya hubungan bahan organik dan pori mikro sangat kuat dan memiliki hubungan korelasi yang negatif. Semakin tinggi bahan organik maka pori mikro akan meningkat, namun jika kandungan bahan organik rendah maka pori Mikro akan menurun. Pada tanah dengan tekstur yang halus, pemberian bahan organik akan meningkatkan pori meso dan menurunkan pori mikro. Dengan demikian akan meningkatkan pori yang dapat terisi udara dan menurunkan pori yang terisi air, artinya akan terjadi perbaikan aerasi untuk tanah. Terbukti penambahan bahan organik (pupuk kandang) dan kompos akan meningkatkan pori total tanah dan akan menurunkan berat volume tanah (Wiskandar, 2002).



Gambar 20. Hubungan Bahan Organik dengan Pori Mikro

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan aplikasi pupuk vermikompos yang memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi di bandingkan dengan aplikasi atau perlakuan pupuk yang lain. Vermikompos merupakan kompos yang dihasilkan dari bahan organik dengan bantuan cacing. Keuntungan dari vermikompos adalah kompos yang dihasilkan (kascing) mengandung unsur hara yang tinggi. Selain itu, menurut Edwards and Neuhauser (1988) bahwa kelebihan vermikompos tidak hanya komposisi hara yang lebih baik, tapi juga perannya dalam meningkatkan daya tahan menyimpan air. Tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi tentu akan berpengaruh terhadap daya simpan air atau retensi air tanah, sehingga pemberian pupuk vermikompos mampu meningkatkan kadar air kapasitas lapang, ketersediaan air tanah yang juga meningkatkan ruang pori meso tanah yang berperan dalam menyimpan air dengan yang baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Nilai kadar air kapasitas lapang tertinggi terdapat pada pemberian pupuk Vermikompos yaitu sebesar $0.43 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ dan diikuti oleh pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan kadar air kapasitas lapang sebesar $0.38 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ dan kadar air kapasitas lapang terendah terdapat pada pemberian pupuk anorganik/pupuk NPK (kontrol) sebesar $0.35 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ dan pupuk Kulit buah kopi $0.34 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$
2. Pada vermikompos memiliki nilai retensi air tanah atau kadar air tersedia tertinggi $0.43 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ dan pori meso 24.61 % pada lapisan atas 0-10 cm, sedangkan pori mikro terbanyak terdapat pada pemberian pupuk anorganik yaitu 30.44%, karena dipengaruhi oleh tekstur tanah yang dominan liat sebesar 68 %.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini pengaruh bahan organik terhadap kadar air tanah pada perkebunan kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre) adalah:

1. Informasi mengenai pengaruh bahan organik terhadap kadar air tanah dalam perkebunan kopi masih belum optimal, karena sumber bahan organik yang berasal dari residu pengolahan kopi yaitu kulit buah kopi belum dikaji pengaruhnya sebagai salah satu sumber masukan bahan organik dalam sistem manajemen perkebunan kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre).
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh bahan organik terhadap struktur tanah dan infiltrasi tanah, sehingga akan didapatkan hasil produksi kopi yang lebih maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Becker, M. and Ladha, J.K. 1997. Synchrony residue N mineralization with rice N demand an flooded conditions. In Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition (Eds. Cadisch, G. and Giller, K.E.). Department of Biological Sciences. Wey College. University of London. UK.
- Bhattacharjee, G., Chaudhuri, P.S. 2002. Capacity of various experimental diets to support biomass and reproduction *Perionyx excavatus*. *Bioresour. Technol.* 82: 147-150.
- Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soil. 10th ed. MacMillan Publishing Co. New York.
- Buckman, H.O. dan Brady, N.C. 2002. Ilmu Tanah (Terjemahan Soegiman). PT Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Chesson, A. 1997. Plant Degradation by ruminan: parallels with litter decomposition in soil, In Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition, Department of Biological Sciences. (Eds Cadisch, G. and Giller, K.E.). Wey College, University of London. UK.
- Desmayati, Z., Muladi. 1995. Pemanfaatan Limbah Kopi dalam Ransum Ayam Pedaging. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian XII* 3: 7-9.
- Didi Ardi., Simanungkalit, R.D.M. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Jawa Barat: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Delgado, J.A. and Follett, R.F. 2002. Carbon and Nutrient Cycles. *J. Soil and Water Conserv.* 57(6): 455-464.
- Djajakirana, G. 2001. Kerusakan Tanah Sebagai Dampak Pembangunan Pertanian. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Duong, V.M., Watanabe, T., Luu, M.H., Vu, T.K., and Nguyen, T.K.P. 2006. Application of Rice Straw Compost for Sustainable Rice Production. 18th World Congress of Soil Science. Pennsylvania.
- Edwards, C.A. 1998. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes, in Edwards, C.A., Ed., *Earthworm Ecology*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Forth, H.D. 1984. *Fundamental of Soil Science*. John Willey and Sons, New York.
- Hairah, K., Widiyanto., Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., van Noordwijk, M., dan Cadisch, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi. Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Widiyanto., Suhara, E., Mardiasuning, A., Prayogo, C., Widodo, R.H. dan S. Rahayu. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: Ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. *Malang: Agrivita* 26(1): 75-88.
- Hakim N., Nyakpa M.Y., Nugroho S.G.B., Barley H.H. 1986. *Dasar dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.

- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Divisi Buku Perguruan Tinggi. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 halaman. efektif mikroorganism (EM-4). Konggres Nasional VII. HITI. Bandung.
- Hardjowigeno, S. 1992. Ilmu Tanah. Edisi Revisi. Cetakan ketiga. PT Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Helmi. 2009. Perubahan Beberapa Sifat Fisika Regosol dan Hasil Kacang Tanah Akibat Pemberian Bahan Organik dan Pupuk Fosfat. *Jurnal Sains Riset* 1(18): 1-9.
- Heiskanen, J. and Wall, A. 2003. Water-retention characteristic and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland. *Science direct. Forest Ecology and Management* 186: 21-32.
- Intara, Y.I., Sapei, A., Sembiring, N. dan Bintoro Djofrie, M.H. 2011. Pengaruh Pemberian Bahan Organik Pada Tanah Liat Dan Lempung Berliat Terhadap Kemampuan Mengikat Air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*.
- Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. 1994. Long-Term Tillage Effects On Soil Quality. *Soil Tillage And Research* 32: 313-327.
- Kartasapoetra, A.G. dan Sutedjo, M.M.. 1987. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kartini, N.L. 2005. Pupuk Kascing Kurangi Pencemaran Lingkungan. <http://kascing.com/news/2005/5/pupuk-kascing-kurangi-pencemaranlingkungan>. Diakses tanggal 16 November 2014.
- Kononova, M.M. 1961. Soil Organic Matter. Oxford: Pergamon Press.
- Lal, R. 1995. Sustainable Management Of Soil Resources in The Humid Tropic. The United Nation University Press. Tokyo.
- Li, Z.Y., Zhan., dan Singh, B. 2007. Soil physical properties and their relations to organic carbon pools as affected by land use in an alpine pastureland. *Geoderma* 139: 98-105.
- Ma, W.C., Brussard, L., dan de Ridder, J.A. 1990. Long-term effect of nitrogenous ertilizers on grassland earthworm(Oligochaeta:Lumbricidae): Their relation to soil acidification. *Agric. Ecosys. Environ.* 30: 71-80.
- Madjid, A. 2010. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Bahan Ajar Online Fakultas Pertanian Unsri. <http://dasar2ilmutanah.blogspot.com>. Diakses 27 September 2014.
- Mertikawati, I., Suyono, A.D., dan Djakasutami, S. Pengaruh berbagai pupuk organik terhadap beberapa sifat fisika dan kimia vertisol dan ultisol serta hasil padi gogo. Konggres Nasional VII. HITI. Bandung.
- Miller, C.E., Turk, L.M., and Foth, H.D. 1985. Fundamentals of Soil Science. Third Edition. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Mulat, T. 2003. Membuat dan Memanfaatkan Kascing, Pupuk Organik Berkualitas. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nurkin, B. 2011. Dinamika Sifat Fisik Tanah pada Areal Pertanaman Kakao Akibat Alih Guna Fungsi Lahan Hutan Di Kecamatan Papalang Kabupaten Mamuju. Jurusan Kehutanan UNHAS. Makassar.
- Power, J.F. and Papendick, R.I. (1997) Sumber-sumber organik hara. In Tenologi Dan Penggunaan Pupuk, (Eds Engelstad O.P) (Transl. Didiek Hadjar Goenadi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero). 2013. Buku Pedoman Pengelolaan Tanaman Perkembangan Teknologi dan Kebijakan Direksi. Malang.

- Rawl, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., and Bloodworth, H. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Science direct. Geoderma* 116: 61-76.
- Salam-Hadi, 1989. Pengaruh pemberian pupuk kandang terhadap beberapa sifat fisik dan kimia pada tanah Haplorthox Kuamang Kuning . Laporan kerja praktek Pendidikan Diploma Tiga pada Akademi Kimia Analisis Bogor.
- Samosir, S.S.R. 2002. Pengolahan Lahan Kering. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Dan Kehutanan. Universitas Hasannudin. Makasar
- Schnitzer, M. 1997. Pengikatan bahan humat oleh koloid mineral tanah. *Interaksi Mineral Tanah dengan Bahan Organik Dan Mikrobial*. (Eds Huang, P.M. and Schnitzer, M.) (Transl. Didiek Hadjar Goenadi). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Scholes, M.C., Swift, O.W., Heal, P.A., Sanchez, JSI., Ingram and Dudal, R. 1994. Soil Fertility research in response to demand for sustainability. In *The biological management of tropical soil fertility* (Eds Woome, Pl. and Swift, MJ.) John Wiley & Sons. New York.
- Schwab, G.O., Fangmeir, D.D., Elliot, W.J., and Frevert, R.K. 1992. *Soil and Water Conservation Engineering*. Four Edition, John Willey and Sons. Inc, New York.
- Seta, A.K. 1987. *Konservasi Sumberdaya Tanah*. Kalam Mulia. Jakarta.
- Sharma, P.K dan Bhushan, L. 2005. Physical characterization of a soil amended with organic residues in a rice-wheat cropping system using a single value soil physical index. *Soil and Tillage Research* 60: 143-152.
- Sinha, R.K., Heart, S., Agarwal, S., Asadi, R. and Carretero, E. 2002. Vermiculture and Waste Management: Study of Action of Earthworms *Elsinia foetida*, *Eudrilus euginae* and *Perionyx excavatus* on Biodegradation of Some Community Wastes in India and Australia. *The Environmentalist* 22(3).
- Solichatun, Endang A., Widya M., 2005. Pengaruh Ketersediaan Air terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Bahan Aktif Saponin Tanaman Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Jurnal Biofarmasi* 3(2): 47-51, Agustus 2005, ISSN: 1693-2242-2005 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta.
- Stevenson, 1994. Pengertian bahan Organik Tanah. www.wikipedia.com. Diakses tanggal 30 September 2014.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2th ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Stevenson, F.J., Alanah, F. 1997. Kimia pengkomplekan ion logam dengan organik larutan tanah. In *Interaksi Mineral Tanah dengan Bahan Organik Dan Mikrobial*. (Eds Huang P.M. and Schnitzer, M.) (Transl. Didiek Hadjar Goenadi). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Stevenson, F.T. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons, NewYork.
- Subowo, A. Kentjanasari, dan Sumantri, E.. 2003. Aktivitas cacing tanah (*Pheretima hupiensis*) pada bahan tanah Ultisol lapisan atas di Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Buku II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

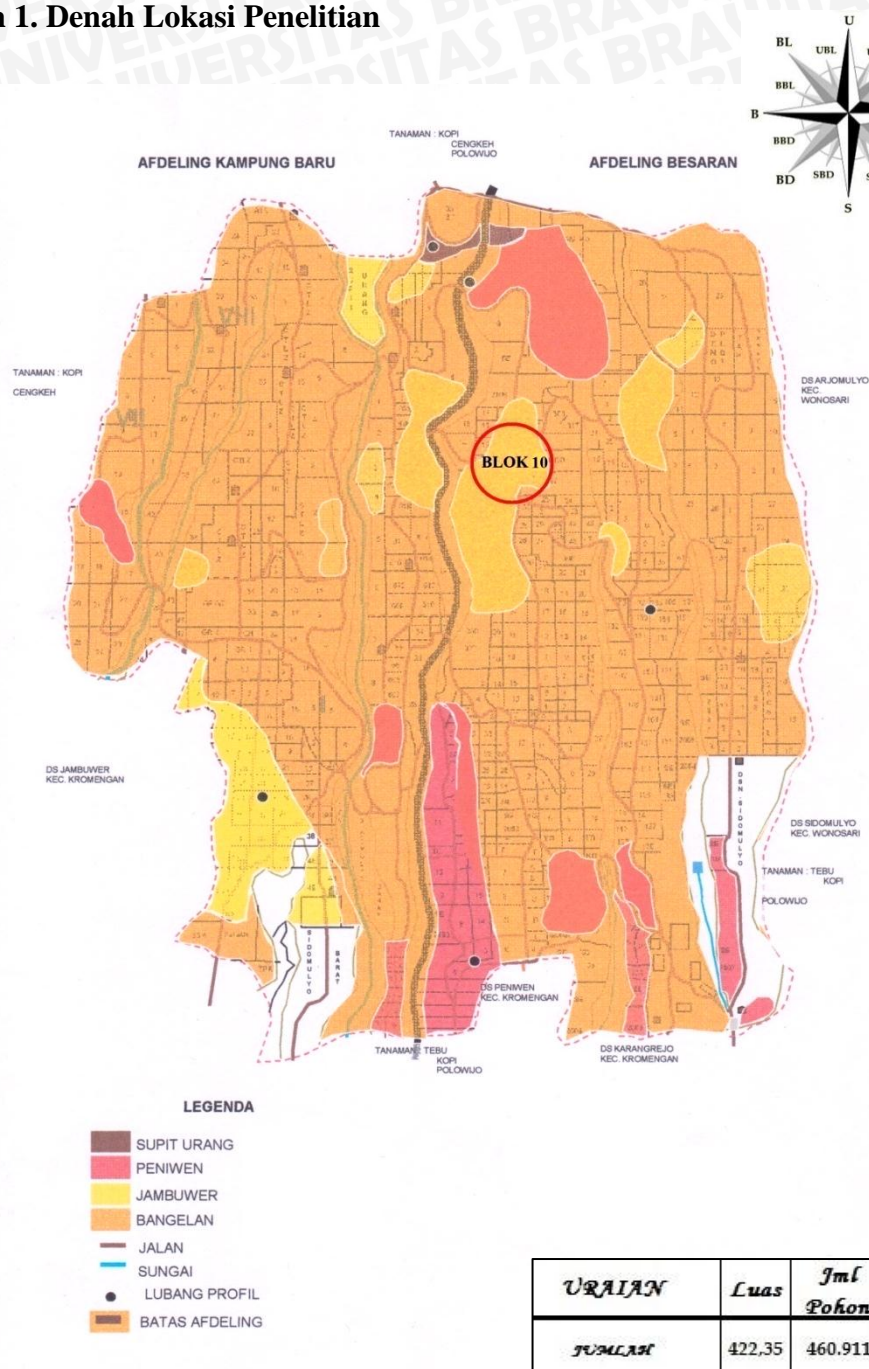
- Suntoro, 2001. Pengaruh Residu Penggunaan Bahan Organik, Dolomit dan KCl pada Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*. L.) pada Oxic Dystrudept di Jumapolo, Karanganyar, *Habitat*. 12(3): 170-177.
- Suprayogo, D., Widiyanto, Noveras, H., Widodo, R. H., Purnomosidhi, P. dan Van Noordwijk, M. 2004. Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah fungsi Hidrologi hutan dapat digantikan system monokultur Agrivita 26: 47-52.
- Surya, J.A. 2014. Kajian Porositas Tanah Pada Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik Di Perkebunan Kopi Robusta (*Coffea Canephora* Pierre). Universitas Brawijaya. Malang.
- Suryani. 2011. Dinamika Sifat Fisik Tanah pada Areal Pertanaman Kakao Akibat Alih Guna Fungsi Lahan Hutan Di Kecamatan Papalang Kabupaten Mamuju. Jurusan Kehutanan UNHAS. Makassar.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta.
- Tejasuwarno. 1999. Pengaruh pupuk kandang terhadap hasil wortel dan sifat fisik tanah.
- Wiskandar. 2002. Pemanfaatan pupuk kandang untuk memperbaiki sifat fisik tanah di lahan kritis yang telah dteras. Konggres Nasional VII.
- Wiyana. 2008. Studi Pengaruh Penambahan Lindi dalam Pembuatan Pupuk Organik Granuler terhadap Ketercucian N, P, dan K. MST UGM. Yogyakarta.
- Zahid, A. 1994. Manfaat Ekonomis dan Ekologi Daur Ulang Limbah Kotoran Ternak Sapi Menjadi Kascing. Studi Kasus Di PT. Pola Nusa Duta, Ciamis. Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

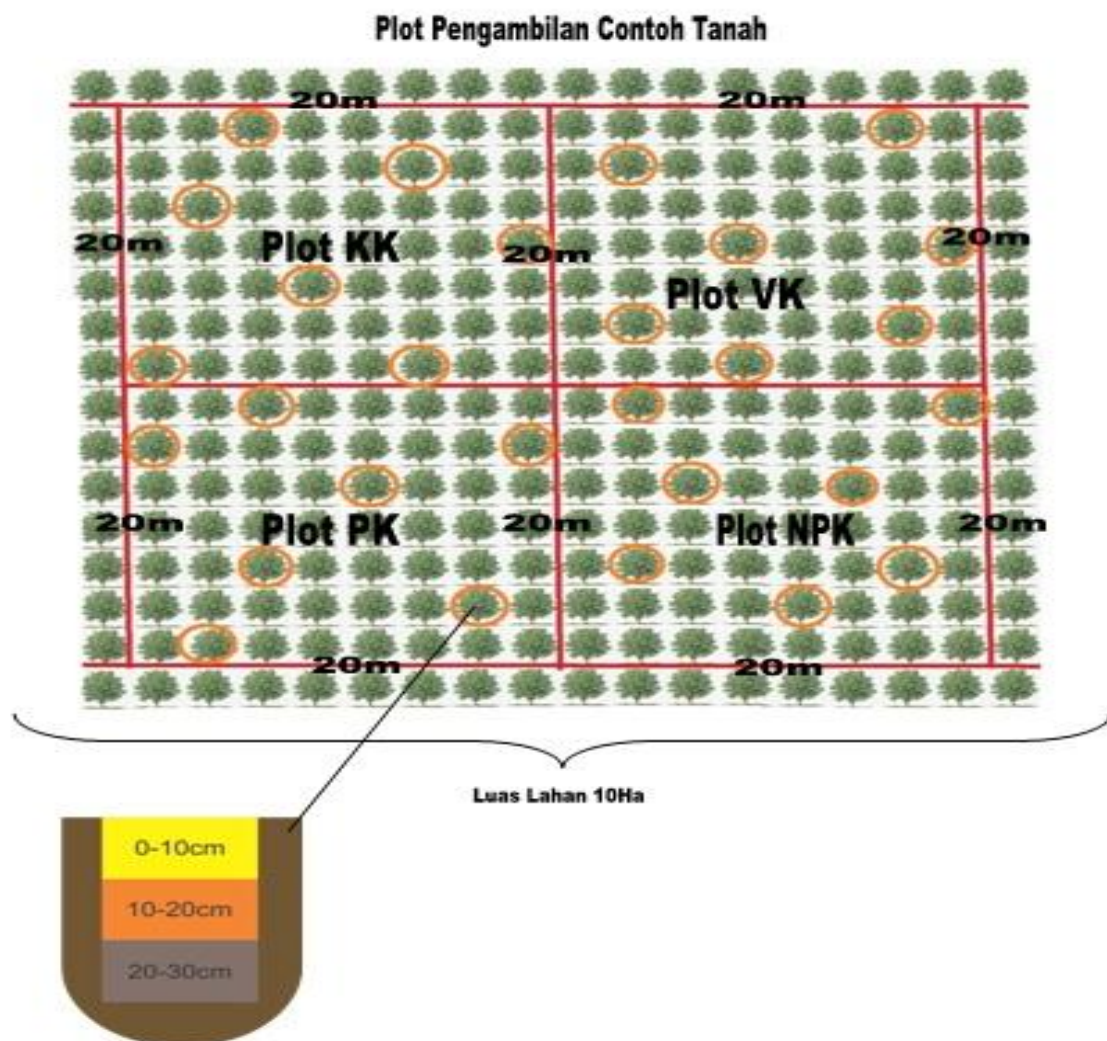
LAMPIRAN



Lampiran 1. Denah Lokasi Penelitian



Lampiran 2. Lokasi Pengambilan Contoh Tanah di Lokasi Pengamatan



Keterangan : Plot Pengambilan contoh tanah di Kebun Kopi Robusta. KK: Plot Kulit Buah Kopi, PK: Plot Pupuk Kandang Sapi, VK: Plot Vermikompos, NPK: Plot pupuk NPK

Lampiran 3. Pengambilan Contoh Tanah Untuk Variabel Pengamatn di Lokasi Pengamatan



Keterangan : Pengambilan contoh tanah. (a) kondisi pohon yang digunakan dalam pengambilan contoh tanah (b) alat dan bahan yang digunakan pada pengambilan contoh tanah, (c) penancapan *ring* pF ke dalam tanah, (d) penggalian/pengambilan *ring* pF yang kemudian dibungkus ke dalam plastik dan diberi label

Lampiran 3. Hasil Laboratorium Tekstur Tanah

Jenis Pupuk	Kedalaman Tanah	% Pasir	% Debu	% Liat	Kelas Tekstur
P0 (Pupuk NPK)	0-10 cm	25,93	41,67	32,41	Klei lom
	10-20 cm	35,97	17,46	46,57	Klei
	20-30 cm	22,96	42,37	34,67	Klei lom
P1 (Vermikompos)	0-10 cm	27,44	13,19	59,37	Klei
	10-20 cm	20,98	7,18	71,84	Klei
	20-30 cm	19,85	6,17	73,98	Klei
P2 (Pupuk Kulit Buah Kopi)	0-10 cm	29,08	20,26	50,66	Klei
	10-20 cm	28,74	5,94	65,32	Klei
	20-30 cm	27,71	12,05	60,24	Klei
P3 (Pupuk Kandang)	0-10 cm	19,35	37,63	43,01	Klei
	10-20 cm	24,62	35,18	40,20	Klei
	20-30 cm	20,95	44,47	34,58	Klei lom

Sumber (Surya, 2014)

Lampiran 4. Analisis Ragam Bahan Organik

Tabel Anova Bahan Organik

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	8	0,738	0,092	1,00	3,41	Tidak Nyata
Perlakuan	11	13,628	1,239	13,44**	2,63	Sangat Nyata
Jenis Pupuk	3	1,278	0,426	4,62*	3,41	Nyata
Kedalaman	2	10,721	5,360	58,16**	3,81	Sangat Nyata
P X K	6	1,629	0,272	2,95	2,92	Nyata
Galat	16	1,475	0,092			
Total	35	15,841				

Lampiran 5. Analisis Ragam Kadar Air Kapasitas Lapang

Tabel Anova Kapasitas Lapang

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	0,0174	0,0007	0,3218	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	0,1491	0,0136	6,0192**	1,96	Sangat Nyata
Jenis Pupuk	3	0,1010	0,0337	14,9463**	2,80	Sangat Nyata
Kedalaman	2	0,0367	0,0183	8,1385**	3,19	Sangat Nyata
P X K	6	0,0115	0,0019	0,8492	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	0,1081	0,0023			
Total	83	0,2746				

Lampiran 6. Analisis Ragam Kadar Air Titik Layu Permanen

Tabel Anova Titik Layu Permanen

SK	db	JK	KT	F.Hit	F. Tab 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	0,0033	0,0001	0,0414	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	0,1208	0,0110	3,2771*	1,96	Nyata
Jenis Pupuk	3	0,1112	0,0371	11,0645**	2,80	Sangat Nyata
Kedalaman	2	0,0012	0,0006	0,1811	3,19	Tidak Nyata
P X K	6	0,0084	0,0014	0,4155	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	0,1608	0,0033			
Total	83	0,2849				

Lampiran 7. Analisis Ragam Kadar Retensi Air Tanah

Tabel Anova Retensi Air Tanah

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	0,0206	0,0009	0,1984	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	0,3358	0,0305	7,0596*	1,96	Nyata
Jenis Pupuk	3	0,2745	0,0915	21,1591**	2,80	Sangat Nyata
Kedalaman	2	0,0511	0,0255	5,9068*	3,19	Nyata
P X K	6	0,0102	0,0017	0,3941	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	0,2076	0,0043			
Total	83	0,5640				

Lampiran 8. Analisis Ragam Pori Makro

Tabel Anova Pori Makro

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	144,41	6,02	0,38 ^{tn}	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	265,16	24,11	1,50 ^{tn}	1,96	Tidak Nyata
Jenis Pupuk	3	92,30	30,77	1,92 ^{tn}	2,80	Tidak Nyata
Kedalaman	2	87,68	43,84	2,74 ^{tn}	3,19	Tidak Nyata
P X K	6	85,18	14,20	0,89 ^{tn}	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	769,10	16,02			
Total	83	1178,67				

Lampiran 9. Analisis Ragam Pori Meso

Tabel Anova Pori Meso

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	205,92	8,58	0,20	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	2239,73	203,61	4,70*	1,96	Nyata
Jenis Pupuk	3	1698,05	566,02	13,06**	2,80	Sangat Nyata
Kedalaman	2	510,91	255,46	5,90*	3,19	Nyata
P X K	6	30,76	5,13	0,12	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	2079,81	43,33			
Total	83	4525,46				

Lampiran 10. Analisis Ragam Pori Mikro

Tabel Anova Pori Mikro

SK	db	JK	KT	F. HIT	F. TAB 5%	Keterangan
Ulangan/faktor	24	33,32	1,39	0,04	2,24	Tidak Nyata
Perlakuan	11	1207,58	109,78	3,28*	1,96	Nyata
Jenis Pupuk	3	1111,94	370,65	11,06**	2,80	Sangat Nyata
Kedalaman	2	12,13	6,07	0,18	3,19	Tidak Nyata
P X K	6	83,51	13,92	0,42	2,29	Tidak Nyata
Galat	48	1607,93	33,50			
Total	83	2848,83				

Keterangan: tn : tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%
 * : berpengaruh nyata pada taraf 5%
 ** : berpengaruh sangat nyata pada taraf 5%

Lampiran 11. Matriks Korelasi Antar Variabel Pengamatan

	KL	TLP	RA	BO	MA	ME	MI	Liat
KL	1							
TLP	-0,56902	1						
RA	0,89998	-0,87059	1					
BO	0,710262	-0,38308	0,628047	1				
MA	0,049504	0,13683	-0,04292	0,394241	1			
ME	0,788497	-0,16495	0,559221	0,563751	0,450848	1		
MI	-0,56902	1	-0,87059	-0,38308	0,13683	-0,16495	1	
Liat	0,283758	-0,67143	0,525721	-0,0337	0,067411	0,166223	-0,67143	1

Keterangan : KL (Kapasitas Lapang), TLP (Titik Layu Permanen), RA (Retensi Air), BO (Bahan Organik), MA (Pori Makro), ME (Pori Meso), MI (Pori Mikro).

Lampiran 12. BNT taraf 5% Bahan Organik

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	3,39	b
P0K2	2,80	a
P0K3	2,77	a
P1K1	4,69	d
P1K2	3,16	ab
P1K3	2,66	a
P2K1	3,94	c
P2K2	2,84	a
P2K3	2,73	a
P3K1	3,97	c
P3K2	3,11	ab
P3K3	2,78	a

Keterangan : BNT 5% = 0.53. P0: plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang,. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm..

Lampiran 13. BNT taraf 5% Kadar Air Kapasitas Lapang

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	0.39	b
P0K2	0.33	ab
P0K3	0.36	ab
P1K1	0.46	b
P1K2	0.41	b
P1K3	0.38	b
P2K1	0.41	b
P2K2	0.36	ab
P2K3	0.39	b
P3K1	0.40	b
P3K2	0.34	ab
P3K3	0.28	a

Keterangan : BNT 5% = 0.093. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang,. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

Lampiran 14. BNT taraf 5% Titik Layu Permanen

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	0.28	ab
P0K2	0.24	ab
P0K3	0.18	a
P1K1	0.20	ab
P1K2	0.20	ab
P1K3	0.22	ab
P2K1	0.31	b
P2K2	0.27	ab
P2K3	0.31	b
P3K1	0.24	ab
P3K2	0.23	ab
P3K3	0.21	ab

Keterangan : BNT 5% = 0.106. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

Lampiran 15. BNT taraf 5% Retensi Air Tanah

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	0.18	ab
P0K2	0.17	ab
P0K3	0.20	ab
P1K1	0.26	b
P1K2	0.17	ab
P1K3	0.16	ab
P2K1	0.11	ab
P2K2	0.09	ab
P2K3	0.08	a
P3K1	0.16	ab
P3K2	0.11	ab
P3K3	0.08	ab

Keterangan : BNT 5% = 0.12. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

Lampiran 16. BNT taraf 5% Ruang Pori Makro

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	14.33	b
P0K2	11.37	ab
P0K3	7.32	ab
P1K1	13.75	b
P1K2	10.73	ab
P1K3	7.32	ab
P2K1	9.09	ab
P2K2	9.65	ab
P2K3	11.91	ab
P3K1	8.87	ab
P3K2	5.98	ab
P3K3	5.60	a

Keterangan : BNT 5% = 6.84. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang,. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

Lampiran 17. BNT taraf 5% Ruang Pori Meso

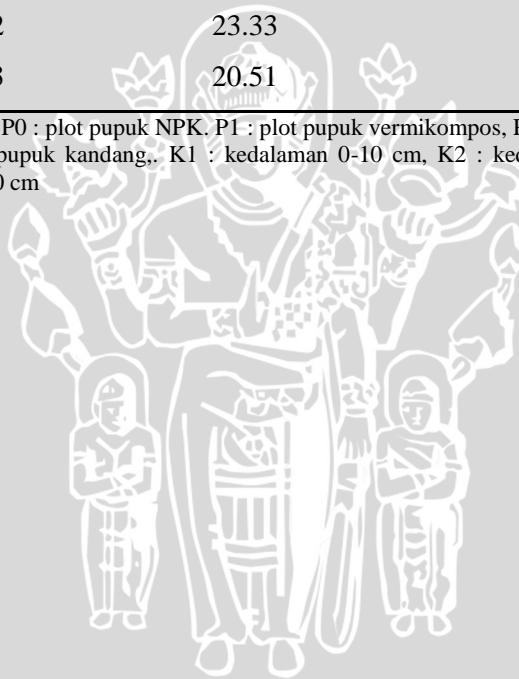
Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	17.73	ab
P0K2	17.36	ab
P0K3	19.82	ab
P1K1	25.96	b
P1K2	17.17	ab
P1K3	16.19	ab
P2K1	10.53	ab
P2K2	9.05	ab
P2K3	7.60	a
P3K1	16.49	ab
P3K2	10.71	ab
P3K3	7.77	ab

Keterangan : BNT 5% = 13.4. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang,. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

Lampiran 18. BNT taraf 5% Ruang Pori Mikro

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
P0K1	28.06	ab
P0K2	23.57	ab
P0K3	17.97	a
P1K1	19.78	ab
P1K2	19.66	ab
P1K3	21.72	ab
P2K1	30.91	b
P2K2	27.06	ab
P2K3	31.36	b
P3K1	23.98	ab
P3K2	23.33	ab
P3K3	20.51	ab

Keterangan : BNT 5% = 11.2. P0 : plot pupuk NPK. P1 : plot pupuk vermikompos, P2 : plot pupuk kulit buah kopi, P3 : plot pupuk kandang. K1 : kedalaman 0-10 cm, K2 : kedalaman 10-20 cm, K3 : kedalaman 20-30 cm

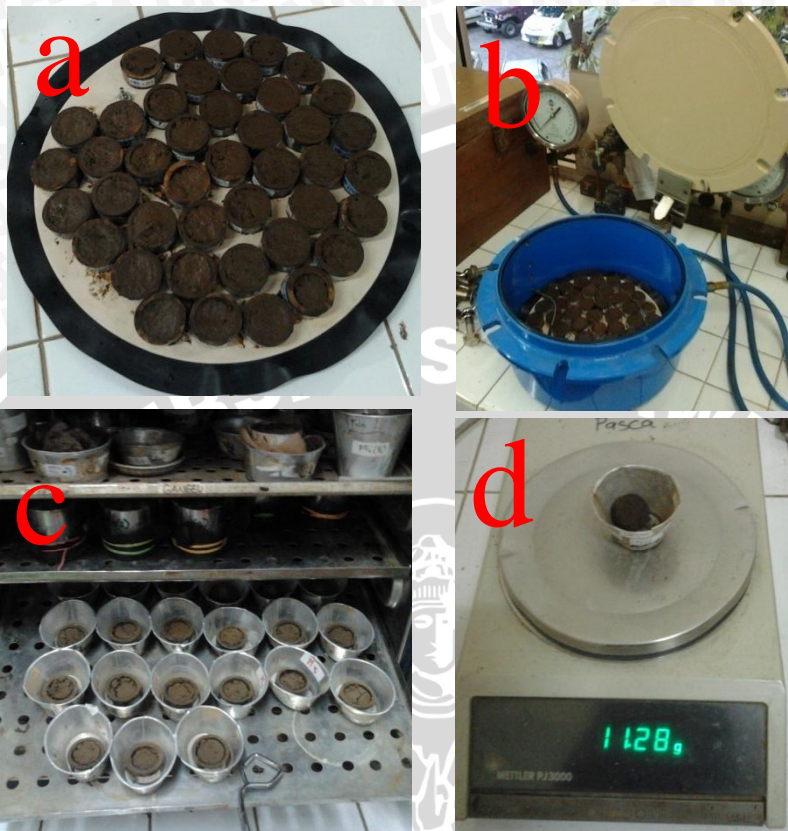


Lampiran 17. Dokumentasi Tahapan Analisis Laboratorium Kadar Air Pf

2.5



Keterangan : (a) contoh tanah dijenuhkan dalam air, (b) contoh tanah ditimbang menggunakan timbangan analitik, (c) setelah dilakukan penimbangan contoh tanah di asukkan ke dalam kaolin box, (d) setelah dari kaolin box contoh tanah di oven, (e) contoh tanah kering dilakukan penimbangan dan pengukuran kadar air pF 2,5 atau kapasitas lapang.

Lampiran 17. Dokumentasi Tahapan Analisis Laboratorium Kadar Air pF**4.2**

Keterangan : (a) contoh tanah dalam ring kecil, (b) contoh tanah di asukkan ke dalam pressure plate, (d) setelah dari preesure contoh tanah di oven, (e) contoh tanah kering dilakukan penimbangan dan pengukuran kadar air pF 4.2 atau titik layu permanen

Lampiran 18. Dokumentasi Tahapan Pembuatan Pupuk Kulit Buah Kopi

Keterangan: (a) pengumpulan hasil panen kopi robusta di pabrik pengolahan kopi, (b) penggilingan kopi untuk memisahkan antara kulit kopi dengan biji kopi, (c) kulit kopi dan biji kopi sudah terpisah, (d) pengeringan kulit buah kopi, (e) proses pengomposan kulit buah kopi, (f) pupuk kulit buah kopi diberikan di kebun kopi robusta.

Lampiran 19. Dokumentasi Tahapan Pembuatan Pupuk Kandang Sapi



Keterangan: (a) kotoran sapi yang masih segar dikumpulkan dalam suatu lokasi, (b) proses pemberian stimulator (EM4) untuk mempercepat proses pengomposan dan dekomposisi, (c) pengadukan dan pengolahan kotoran sapi yang sudah agak matang, (d) proses pengomposan sudah jadi dan siap diaplikasikan ke kebun, namun harus dimasukkan ke dalam wadah/ karung untuk mempermudah pengangkutan, (e) proses pengangkutan pupuk kandang ke kebun kopi, (f) aplikasi pupuk kandang di kebun kopi robusta.

Lampiran 21. Dokumentasi Tahapan Pembuatan Vermikompos



Keterangan: (a) proses dekomposisi kotoran sapi menjadi media hidup cacing tanah, (b) induk cacing ditebarkan kedalam media yang berfungsi sebagai bibit dan hewan pengurai, (c) pencampuran antara media/pupuk kandang dengan induk cacing didiamkan selama 20 hari, (d) vermicompos sudah terbentuk dan siap untuk diberikan ke kebun kopi robusta.