PENGARUH PEMBENAH TANAH CA-MIX DALAM MEMPERBAIKI SIFAT-SIFAT TANAH PASIR LERENG GUNUNG KELUD, JAWA TIMUR

Oleh
KEZIA INDAH

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018

PENGARUH PEMBENAH TANAH CA-MIX DALAM MEMPERBAIKI SIFAT-SIFAT TANAH PASIR LERENG GUNUNG KELUD, JAWA TIMUR

Oleh

KEZIA INDAH

145040200111145

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar

Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2018

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, September 2018

Kezia Indah

145040200111145

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul	:Pengaruh Pembenah Tanah Ca-mix dalam Memperbaiki Sifat-sifat Tanah Pasir Lereng Gunung Kelud, Jawa Timur
Nama	: Kezia Indah
NIM	: 145040200111145
Program Studi	: Agroekoteknologi
Minat	: Manajemen Sumberdaya Lahan

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D	Ir. AL Gamal Pratomo
NIP.194912041974121001	NIP.196410121991031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah FP UB

Prof.Dr.Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

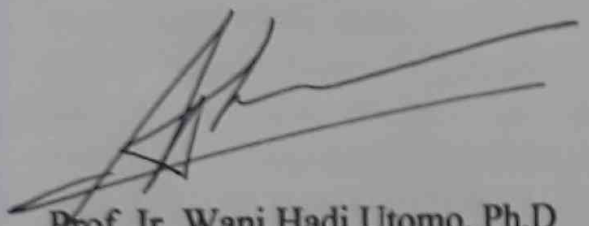
Tanggal Persetujuan : 12 DEC 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D
NIP. 194912041974121001

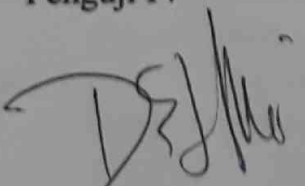
Penguji II

Ir. AL Gamal Pratomo
NIP. 196410121991031001

Penguji III

Syahrul Kurniawan, SP. MP. Ph.D
NIP. 197910182005011002

Penguji IV



Iva Dewi Lestariningsih, SP, M.Agr.Sc
NIP. 2013117508062001

Tanggal Lulus : 03 JAN 2019

RINGKASAN

KEZIA INDAH. 145040200111145. Pengaruh Pembenah Tanah Ca-mix Terhadap Sifat-Sifat Tanah Lereng Gunung Kelud, Jawa Timur. Dibimbing Oleh Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D, Sebagai Pembimbing Utama dan Ir.ALGamal Pratomo, Sebagai Pembimbing Kedua.

Tanah merupakan salah satu penentu keberhasilan pertanian di Indonesia. Oleh sebab itu kondisi kesehatan fisik dan kimia tanah perlu diperhatikan. Di Indonesia kerusakan sifat fisik dan kimia tanah banyak sekali terjadi dan disebabkan oleh berbagai macam masalah. Salah satunya adalah dampak dari letusan gunung berapi. Diwilayah Jawa Timur contohnya adalah letusan Gunung Kelud yang mengakibatkan kerusakan sifat fisik dan kimia tanah. Lahan pertanian yang terdampak letusan Gunung Kelud memiliki tekstur pasir sehingga sulit untuk mengikat unsur hara dan air. Hal ini berdampak pada turunnya hasil produksi pertanian. Oleh karena itu telah dilakukan berbagai upaya perbaikan sifat fisik dan sifat kimia tanah salah satunya dengan penggunaan pembenah tanah.Pembenah tanah adalah bahan-bahan sintetis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah.Penelitian ini menggunakan pembenah tanah sintesis Ca-mix sebagai upaya perbaikan sifat fisik dan sifat kimia tanah lereng Gunung Kelud.Pembenah tanah Ca-mix ini mengandung banyak kation basa seperti Ca^{+} dan Mg^{+} yang diharapkan dapat mengikat unsur hara agar tidak mudah tercuci.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2018 – Juli 2018 di Rumah Kaca, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Jalan Raya Karangploso, Malang, Jawa Timur. Terdiri dari 7 perlakuan dan 4 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan ialah Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10t ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 t ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 t ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 t ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix t ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}). Untuk parameter yang diamati ialah berat isi, berat jenis, porositas, penetrasi, konduktivitas hidrolik jenuh, kadar air pF, kapasitas tukar kation dan C-organik tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian Ca-mix berpengaruh nyata terhadap beberapa parameter seperti berat isi, porositas, penetrasi, konduktivitas hidrolik jenuh, kadar air tanah dan kapasitas tukar kation tanah. Pengaruh perlakuan pada setiap parameter ini dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi tanah, dimana semakin lama waktu inkubasi tanah berbanding lurus dengan peningkatan nilai setiap parameter.

SUMMARY

KEZIA INDAH. 145040200111145. The Effect of Soil Conditioner Ca-mix Against Soil Properties in Kelud Mountain Top Soil, East Java. Supervised by Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D., as Main Supervisor and Ir.AL Gamal Pratomo, as Second Supervisor.

Soil is one of successful determinant in agriculture sector of Indonesia. Therefore, the health condition ofsoil such as its physical and chemical properties need to be considered. In Indonesia, the damage physical and chemical properties of soilisfrequentlyhappened and it is caused by various problems. One of them is the impact of volcanic eruption. As example, the eruption of Kelud Mountain in East Java region which resulted in damage to physical and chemical properties of soil. Agricultural land which affected by the eruption of Kelud Mountain has sand texture, thus it is hard to bind nutrients and water. This contributed to the decrement of agricultural production. Therefore, it has made various efforts to improve the physical properties and chemical properties of the soil either by the use of improved soil. Improved soil is synthetic materials and/or natural, organik and/or mineral which in the form of solid and/or liquid that can improve the physical properties, chemical and/or biological of soil. This study used synthesized Ca-mix as improved soil to improve the physical and chemical properties of slope landin Kelud Mountain. Improved Ca-mix soil contained a lot of alkali cation such as Ca^{+} and Mg^{+} were expected to bind the nutrients that were not easily washed.

The study was conducted in February 2018 - July 2018 at the Greenhouse, BPTP, Karangploso, Malang, East Java. Consisting of 7 treatments and 4 replications. The treatment used was Treatment A (Top soil of Kelud Mountain), B (Top soil of Kelud Mountain + Organik Fertilizer 10 t ha^{-1}), C (Top soil of Kelud Mountain + Ca-mix 2,5 t ha^{-1}), D (Top soil of Kelud Mountain + Ca-mix 5 t ha^{-1}), E (Top soil of Kelud Mountain + Ca-mix 10 t ha^{-1}), F (Top soil of Kelud Mountain + Ca-mix 15 t ha^{-1}), G (Top soil of Kelud Mountain + Ca-mix 20 t ha^{-1}). For the observed parameters bulk density, particle density, soil porosity, soil penetration, saturated hydraulic conductivity, water content pF, cation exchange capacity, and soil organic carbon.

The results showed that the adding of Ca-mix did significantly affect several parameters such as bulk density, soil porosity, soil penetration, saturated hydraulic conductivity and cation exchange capacity. The treatment effect on each of these parameters was effected by the length of incubation period, where the longer the time of incubation of the soil is directly proportional to increase the value of each parameters.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "Pengaruh Pembenah Tanah Ca-mix dalam Memperbaiki Sifat - Sifat Tanah Pasir Lereng Gunung Kelud, Jawa Timur."Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembenah tanah sintetik Ca-mix dalam memperbaiki sifat fisik dan sifat kimia tanah pasir yang terdampak letusan gunung Kelud di Jawa Timur. Dalam penulisan skripsi ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan semangat, kasih sayang dan dukungan yang diberikan kepada penulis
2. Bapak Prof. Ir Wani Hadi Utomo, Ph.D selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan masukan sepanjang penulisan proposal ini
3. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur yang telah memberikan saya kesempatan untuk mengikuti penelitian, terlebih Ir. AL Gamal Pratomo sebagai pembimbing dan pendamping selama berlangsungnya penelitian ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan selanjutnya.

Malang, September 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Sukabumi pada tanggal 10 September 1996 sebagai putri pertama dari dua bersaudara dari Bapak Samuel Sutarno dan Ibu Gisah Yonatha. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDS Santa Theresia Air Molek, Indragiri Hulu, Riau pada tahun 2002 sampai tahun 2008. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah di SMPS Santa Theresia Air Molek, Indragiri Hulu, Raiu pada tahun 2008 sampai tahun 2011 dan dilanjutkan dengan pendidikan sekolah akhir di SMA Negeri 2 Pekanbaru pada tahun 2011 sampai tahun 2014. Tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroeoteknologi melalui jalur SBMPTN dan tahun 2016 masuk pada Minat Manajemen Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Selain menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif mengikuti organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) sebagai anggota Kementrian Luar Negeri. Selain organisasi, beberapa kepanitiaan juga pernah diikuti oleh penulis diantaranya POSTER pada tahun 2015 sebagai Pendamping, Kampung Budaya II pada tahun 2016 sebagai Sekretaris Pelaksana, ISS pada tahun 2016 sebagai Divisi Acara.

DAFTAR ISI

RINGKASAN i
SUMMARY ii
KATA PENGANTAR iii
RIWAYAT HIDUP iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTARLAMPIRAN viii
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
II. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1.Kondisi Tanah Di Lereng Gunung Kelud Sebagai Akibat Letusan 4
2.2. Pembenah Tanah 4
2.3.Sifat Kimia Tanah 7
2.4.Sifat Fisik Tanah 9
III. METODE PENELITIAN 14
3.1. Lokasi dan Waktu Peneltian 14
3.2. Bahan dan Rancangan Penelitian 14
3.3. Metode Pelaksanaan 15
3.4. Pelaksanaan Kegiatan 16
3.5. Parameter Pengamatan 16
3.6 Analisa Data 17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 18
4.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Fisik Tanah 18
4.2. Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Kimia Tanah 27
4.4. Pembahasan Umum 33
V. KESIMPULAN DAN SARAN 35
5.1. Kesimpulan 35
5.2 Saran 35
LAMPIRAN 38

DAFTAR TABEL

No Teks Halaman

1. Kandungan hara pembenah tanah Ca-Mix 14
2. Analisis Tanah awal dari Desa Manggis, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri 15
3. Parameter pengamatan 17
4. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Berat Isi Tanah 18
5. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah 19
6. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Porositas Tanah 20
7. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Penetrasi Tanah 22
8. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Konduktivitas Hidrolik Jenis Tanah 23
9. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 0..... 25
10. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 2 25
11. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 2,5 .. 26
12. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 4,2 .. 26
13. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kapasitas Tukar Kation Tanah. 27
14. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai C-Organik Tanah 28

DAFTAR GAMBAR

No Teks Halaman

1. Grafik Perubahan Berat Isi Tanah Pada Perlakuan Ca-mix 19
2. Grafik Perubahan Porositas Tanah Pada Perlakuan Ca-mix 21
3. Grafik Perubahan Penetrasi Tanah Pada Perlakuan Ca-mix 22
4. Grafik Perubahan Konduktivitas Hidrolik Jenuh Tanah Pada Perlakuan Ca-mix 24
5. Grafik Perubahan Kadar air pF 0 Selama Waktu Inkubasi 29
6. Grafik Perubahan Kadar air pF 2 Selama Waktu Inkubasi 30
7. Grafik Perubahan Kadar air pF 2.5 Selama Waktu Inkubasi 30
8. Grafik Perubahan Kadar air pF 4.2 Selama Waktu Inkubasi 31
9. Grafik Perubahan KTK Selama Waktu Inkubasi 32

DAFTARLAMPIRAN

No | Teks | Halaman

1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian 38
2. Tabel ANOVA Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanah 42
3. Perhitungan Dosis Perlakuan 45
4. Denah Penyusunan Pot 46
5. Persyaratan Teknis Minimal Pembenah Tanah Organik 47
6. Persyaratan Teknis Minimal Pembenah Tanah Organik Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri 48
7. Persyaratan Teknis Minimal Pembenah Tanah Non-Organik 49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai benda alam tanah dapat mengalami perubahan sifat karena alam atau buatan. Perubahan tersebut dapat berupa perubahan positif maupun perubahan negatif. Tanah berperan penting dalam bidang pertanian di Indonesia sehingga ketika terjadi perubahan negatif pada tanah perlu dilakukan upaya perbaikan. Kerusakan sifat fisik dan kimia tanah banyak sekali terjadi di Indonesia dan disebabkan oleh berbagai macam masalah. Salah satunya penyebabnya adalah letusan gunung berapi, pada penelitian ini terjadi kerusakan tanah sebagai akibat dari letusan Gunung Kelud yang menyebabkan kerusakan sifat fisik dan kimia tanah. Lahan pertanian yang terdampak letusan Gunung Kelud memiliki tekstur pasir sehingga sulit untuk mengikat unsur hara dan air. Hal ini berdampak pada turunnya hasil produksi pertanian. Menurut Utami *et al*,. (2017) melaporkan material vulkanik letusan Gunung Kelud memiliki kandungan C-organik sangat rendah (0,35%), N sangat rendah (0,02%), P tersedia yang tinggi (45,57 ppm), pH yang sangat masam (4,3), KTK sangat rendah (2,05 cmol kg^{-1}) dan kation-kation basa tergolong rendah. Oleh karena itu dilakukan berbagai upaya perbaikan sifat fisik dan sifat kimia tanah salah satunya dengan penggunaan pembenah tanah.

Pembenah tanah adalah bahan-bahan sintetis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah (Permentan 70, 2011). Menurut para ahli tanah yang dimaksud pembenah tanah atau yang dikenal sebagai *soil condisioner* adalah bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki struktur tanah, dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air, serta dapat memperbaiki kemampuan tanah memegang unsur hara, sehingga unsur hara tidak mudah hilang, dan tanaman masih mampu memanfaatkannya.

Pembenah tanah yang biasa digunakan adalah pembenah tanah organik seperti zeolit, biochar, dan kaptan. Pupuk organik juga dapat digunakan sebagai pembenah tanah yang berfungsi sebagai penahan air, selain itu juga dapat digunakan tepung rumput laut (*seaweed*). Pupuk organik padat dapat mendorong

meningkatkan daya mengikat air tanah dan mempertinggi jumlah air tersedia untuk kebutuhan tanaman. Bahan organik membantu mengikat butiran liat membentuk ikatan butiran yang lebih besar sehingga memperbesar ruang ruang udara diantara butiran (Schjonning, 2007)

Saat ini sudah banyak perusahaan swasta yang mencoba mengembangkan pembenah tanah sintetik untuk penahan air ditanah (*water holding capacity*) yang mengandung beberapa hara mikro yang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Dengan kemampuan pembenah tanah dalam menahan air akan berdampak terhadap ketersedian air untuk tanaman. Penelitian ini menggunakan pembenah tanah sintesis Ca-mix yang diproduksi sebagai upaya perbaikan sifat fisik tanah dengan parameter berat isi, berat jenis, porositas, penetrasi, kadar air pF dan sifat kimia tanah dengan parameter KTK dan C-organik pada tanah lereng gunung Kelud. Produk ini diciptakan dengan tujuan untuk mengolah kembali limbah produksi sehingga dapat dimanfaatkan tanah dan memperbaiki kondisi tanah. Pembenah tanah Ca-mix ini mengandung banyak kation basa seperti Ca^{+} dan Mg^{+}yang diharapkan dapat mengikat unsur hara agar tidak mudah tercuci. Diharapkan penggunaan pembenah tanah Ca-mix ini mampu memperbaiki sifak fisik dan kimia tanah tersebut sehingga memperbaiki/meningkatkan produktivitas lahan terutama pada lahan kritis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah pembenah tanah Ca-mix memberi pengaruh terhadap sifat-sifat tanah lereng Gunung Kelud?
2. Apakah pengaruh Ca-mix dipengaruhi oleh waktu inkubasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh pembenah tanah Ca-Mix terhadap sifat-sifat tanah di lereng Gunung Kelud.
2. Mengetahui pengaruh pemberian perlakuan Ca-mix dengan lama waktu inkubasi tanah lereng Gunung Kelud

1.4 Hipotesis

1. Pemberian pembenah tanah Ca-mix memberikan pengaruh pada sifat-sifat tanah
2. Pengaruh pemberian Ca-mix dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi tanah

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengaruh perlakuan Ca-Mix sebagai pembenah tanah dalam memperbaiki sifat-sifat tanah.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Kondisi Tanah Di Lereng Gunung Kelud Sebagai Akibat Letusan

Abu vulkanik akibat erupsi gunung berapi sangat berdampak terhadap kondisi lahan pertanian. Sebagian besar tanaman budidaya petani mati akibat erupsi Gunung Kelud (Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur, 2014). Masalah yang timbul pada lahan yang baru terdampak material vulkanik adalah terjadinya perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi, sehingga tidak dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Material abu vulkanik yang didominasi oleh pasir mengakibatkan kandungan hara rendah dikarenakan daya pegang air dan hara yang rendah, juga mudahnya terjadi pencucian maupun penguapan hara. Sebenarnya abu vulkanik mengandung beberapa unsur hara yang diperlukan oleh tanaman, sehingga dalam jangka panjang mampu memperbaiki kesuburan tanah (Suntoro *et al*., 2014) tetapi dalam jangka pendek ketersediaan unsur haranya masih sangat rendah (Utami *et al*., 2017). Abu vulkanik bersifat agak masam. Kandungan unsur C-organik dan N tergolong sangat rendah. Unsur hara makro terutama P tergolong sangat tinggi dan K tergolong sedang. Unsur Ca dan Mg secara berurutan tergolong sangat tinggi dan sedang. Nilai kapasitas tukar kation (KTK) sangat rendah (Achmad dan Hananto, 2015). Menurut Suntoro *et al* (2014) abu vulkanik Gunung Kelud mengandung unsur hara Mg yang mudah larut atau mudah tersedia dalam tanah. Utami *et al*,. (2017) melaporkan material vulkanik letusan Gunung Kelud memiliki kandungan C-organik sangat rendah (0,35%), N sangat rendah (0,02%), P tersedia yang tinggi (45,57 ppm), pH yang sangat masam (4,3), KTK sangat rendah (2,05 cmol kg^{-1}) dan kation-kation basa tergolong rendah.

2.2. Pembenah Tanah

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 70/Pert/SR.140/10/2011 yang dimaksud dengan bahan pembenah tanah adalah bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral yang berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Bahan pembenah tanah dikenal juga sebagai *soil conditioner*, dikalangan ahli tanah secara lebih spesifik diartikan

sebagai bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki struktur tanah, dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air, serta dapat memperbaiki kemampuan tanah dalam memegang hara, sehingga hara tidak mudah hilang, namun tanaman masih mampu memanfaatkan hara tersebut.

Secara garis besar, bahan pembenah tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu alami dan sintetis (buatan). Berdasarkan bahan penyusunnya dapat dibedakan dalam dua kategori yakni pembenah tanah organik (termasuk didalamnya pembenah tanah hayati) dan pembenah tanah an-organik (mineral). Pada awalnya konsep utama dari penggunaan bahan pembenah tanah adalah memantapkan agregat tanah untuk mencegah erosi dan pencemaran, merubah sifat hidrophobik dan hidrofilik, artinya merubah kapasitas tanah menahan air, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang hara dengan cara meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Selanjutnya bahan pembenah tanah juga digunakan untuk memperbaiki sifat kimia tanah, yaitu untuk perbaikan reaksi tanah.

Bahan pembenah tanah juga umumnya mengandung unsur hara, namun dengan kandungan yang relatif kecil, sehingga tidak dapat memenuhi seluruh kebutuhan tanaman, selain itu seringkali unsur hara yang dikandungnya dalam bentuk yang belum atau lambat tersedia untuk tanaman. Pembenah tanah mineral alami lainnya yang telah banyak diteliti dan dikembangkan adalah zeolit dan kapur pertanian (kaptan). Zeolit sebagai bahan pembenah tanah telah banyak dilakukan di Jepang, Amerika, dan negara-negara Eropa. Fungsi utama zeolit sebagai bahan pembenah tanah adalah meningkatkan kemampuan tanah memegang hara (tergantung jenis tanah, jumlah penambahan zeolit, dan jenis mineral zeolit). Sebaiknya zeolit diaplikasikan pada tanah ber-KTK rendah. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit dapat meningkatkan unsur kalium, dapat memperbaiki bobot isi tanah, permeabilitas, dan kandungan NH4 tanah (Sastiono dan Suwardi, 1999).

Bahan pembenah tanah mineral lainnya seperti kapur pertanian (kaptan) juga terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas tanah-tanah masam di Indonesia. Selain dapat memperbaiki reaksi tanah, kaptan juga dapat memperbaiki agregasi tanah karena unsur kalsium dan magnesium yang dikandungnya.

Pembenah tanah organik merupakan jenis yang paling banyak diteliti seperti skim lateks, limbah pertanian blotong, sari kering limbah, pupuk kandang, kompos, sekam, tempurung kelapa. Bahan pembenah tanah organik dapat digunakan langsung, dikomposkan terlebih dahulu maupun dikonversi menjadi arang/biochar (misal untuk sekam dan tempurung kelapa). Limbah pertanian mudah didapat disekitar kita dan umumnya tidak perlu membeli, hanya perlu sedikit upaya agar bahan tersebut mempunyai kualitas yang baik. Selain sebagai pembenah tanah, bahan organik baik juga berfungsi sebagai sumber hara (pupuk). Dari hasil rangkuman berbagai penelitian dapat disimpulkan pembenah tanah dalam bentuk polimer organik mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam memperbaiki sifat-sifat tanah, baik sifat fisik, kimia maupun biologi tanah.

Berdasarkan Permentan No:70/Pert/ SR.140/10/2011, bahan organik dengan kandungan C-organik 7-12% dapat dikategorikan sebagai pembenah tanah, sedangkan bahan organik dengan kandungan C-organik >12% (padat) dan ≥ 4,5% (cair) dikategorikan sebagai pupuk organik. Perlu ditekankan bahwa bahan organik yang memenuhi standar sebagai pupuk organik, dapat pula berfungsi sebagai bahan pembenah tanah. Penggunaan pembenah tanah organik juga dapat dikombinasikan dengan pembenah tanah mineral. Misalnya pupuk kandang dengan dosis 5 t ha^{-1} yang dikombinasikan dengan zeolit sebanyak 0,3 t ha^{-1}, mempunyai kemampuan yang relatif lebih baik dalam memperbaiki sifat fisik tanah, dibanding dengan perlakuan hanya pupuk kandang atau hanya zeolit saja.

Organisme tanah dapat pula dimanfaatkan sebagai agen utama pembenah tanah. Misalnya agen yang dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah adalah produk dekomposisi biomas, eksopolisakarida (EPS) asal bakteri, miselium fungi, dan lain-lain. Salah satu fungsi utama mikoriza untuk memperbaiki agregasi tanah. Organisme tanah (khususnya mikrooragnisme) dapat dimanfaatkan untuk memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Saat ini telah dikembangkan berbagai jenis bahan pembenah hayati, atau lebih dikenal sebagai pupuk hayati. Kelompok organisme perombak bahan organik baik mikrofauna maupun makrofauna (cacing) juga dapat berperan sebagai agen pembenah tanah.Bahan organik sebenarnya merupakan bahan pembenah tanah yang sudah relatif memasyarakat, meskipun petani memberikan bahan organik umumnya

lebih ditujukan sebagai tambahan pupuk. Berbeda dengan pupuk yang diberikan untuk menambah unsur hara dan diberikan dalam jumlah kecil, bahan pembenah tanahumumnya diperlukan dalam jumlah yang relatif besar. Bahan organik seperti sisatanaman atau pupuk kandang (jika ternak merupakan komponen dari usahatani), merupakan sumber pembenah tanah yang bersifat insitu, namun jumlahnya relatif terbatas.

Beberapa jenis bahan pembenah tanah sintetis (buatan pabrik) juga telah banyak diteliti, misalnya saja yang pernah dikembangkan di Indonesia pada tahun 1980-an diantaranya Polyacrylamine (PAM), hydrostock, dan lainnya. Bahan-bahan sintetis tersebut juga tergolong efektif dalam memperbaiki sifat-sifat tanah dan berdampak pada perbaikan pertumbuhan dan produksi tanaman. Namun demikian, penelitian dampak jangka panjang dari penggunaan bahan pembenah tanah sintetis, baik terhadap tanah maupun lingkungan belum banyak dilakukan.

Formulasi bahan pembenah tanah ditujukan untuk meningkatkan kualitas pembenah tanah, dengan cara melengkapi atau menambahkan bahan-bahan tertentu, sehingga pembenah tanah menjadi lebih efektif dan dapat memperbaiki atau menyehatkan tanah dalam waktu yang relatif lebih singkat, dosis yang digunakan menjadi tidak terlalu besar. Formulasi bahan pembenah tanah bisa dilakukan sesuai dengan kebutuhan, dan lebih dititik beratkan pada faktor yang akan dipulihkan.

2.3.Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan peristiwa yang bersifat kimia dan terjadi di dalam maupun di atas permukaan tanah sehingga akan menentukan sifat dan ciri tanah, kesuburan pada khususnya. Uraian kimia tanah bertujuan untuk menjelaskan reaksi-reaksi kimia yang menyangkut masalah-masalah unsur hara bagi tanaman (Kurniawan, 2009).

2.3.1 Bahan Organik

Bahan organik disamping berpengaruh terhadap pasokan hara tanah juga tidak kalah pentingnya terhadap sifat fisik, biologi dan kimia. Syarat tanah sebagai media tumbuh dibutuhkan kondisi fisik kimia yang baik. Secara fisik bahan organik dapat membentuk agregat tanah. Pengaruh bahan organik terhadap sifat kimia yaitu dapat meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan

kapasitas tukar kation. Bahan organik memberikan kontribusi yang nyata terhadap KTK tanah. Sebanyak 20-70% kapasitas pertukaran tanah pada umumnya bersumber pada koloid humus sehingga dapat berkolerasi antara bahan organik dengan KTK tanah. Pengaruh bahan organik terhadap sifat biologi yaitu penambahan bahan organik dapat meningkatkan aktivitas dan populasi mikroboiologi dalam tanah terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisibahan organik (Suntoro, 2003). Bahan organik yang diberikan dalam tanah akan mengalami proses pelapukan dan perombakan yang selanjutnya akan menghasilkan humus (Intara, 2011). Bahan organik juga dapat membantu mengikat butiran liat membentuk ikatan butiran yang lebih besarsehingga memperbesar ruang-ruang udara diantara butiran (Schjenning, 2007). Kandungan bahan organik yang semakin banyak menyebabkan air yang berada dalam tanah akan bertambah banyak. Bahan organik tanah dapat menyerap air 2-4 kali lipat dari bobotnya. Hal ini berperan dalam ketersediaan air.

2.3.2 Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan kemampuan kompleks pertukaran tanah untuk menjerap dan mempertukarkan kation-kation. Nilai KTK liat dapat dipengaruhi oleh C-organik dan jumlah kation. Tanah dengan KTK yang tinggi mempunyai daya menyimpan unsur hara yang tinggi, tetapi pada tanah masam, KTK liat yang tinggi mungkin juga disebabkan oleh Al dd yang tinggi. Nilai KTK tanah sangat dipengaruhi oleh reaksi tanah, tekstur atau jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik, dan pengapuran dan pemupukan. KTK berbanding lurus dengan pH, kehalusan tekstur dan jumlah bahan organik (Dikti, 1991). Kapasitas tukar kation tanah adalah jumlah muatan negatif tanah baik yang bersumber dari permukaan koloid anorganik (liat) maupun koloid organik (humus) yang merupakan situs pertukaran kation-kation. Bahan organik tanah meskipun tergantung derajat humifiksasinya mempunyai KTK paling besar dibanding koloid-koloid liat (Hanafiah, 2008). Bahan organik dapat meningkatkan daya jerap dan kapasitas pertukaran kation. Hal ini dapat terjadi karena pelapukan bahan organik akan menghasilkan humus (koloid organik) yang merupakan sumber muatan negatif tanah, sehingga mempunyai permukaan yang dapat menahan unsur hara dan air. Sumber muatan negatif humus sebagian besar berasal

dari gugus karboksil ($COOH^-$) dan fenolik (OH^-) (Tan, 1991). Semakin menurunnya kandungan bahan organik tanah, humus (koloid organik) sebagai sumber muatan negatif tanah juga semakin berkurang sehingga muatan positif (kation-kation) dalam tanah yang dapat dipertukarkan juga semakin rendah (Kumalasari, 2011). Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dari pada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir (Hardjowigeno, 2003).

2.4.Sifat Fisik Tanah

Tanah memiliki sifat-sifat kimia, biologi dan fisika. Sifat fisik tanah berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Sifat fisik tanah, seperti kerapatan isi dan kekuatan tanah sudah lamadikenal sebagai parameter utama dalam menilai keberhasilan teknik pengolahan tanah (Afandi, 2005). Sifat fisik tanah juga sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yang lain dalam hubungannya dengan kemampuannya untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan kemampuan tanah untuk menyimpan air.

2.4.1 *Bulk Density* (Berat Isi)

Bulk density atau bobot isi atau bobot volume menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah dan termasuk volume pori-pori tanah diantaranya. Berat isi merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi berat isi, berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar. Pada umumnya berat isi berkisar dari 1,1-1,6 g cc^{-1}. Beberapa jenis tanah mempunyai berat isi kurang dari 0,90 g cc^{-1} (misalnya tanah andisol), bahkan ada yang kurang dari 0,10 gcc^{-1} (misalnya tanah gambut).Berat isi penting untuk menghitung kebutuhan pupuk atau air untuk tiap-tiap hektar tanah, yang didasarkan pada berat tanah per hektar (Harjdowigeno, 2003).

Berat isi atau kerapatan massa tanah banyak mempengaruhi sifat fisik tanah, seperti porositas, kekuatan, daya dukung, kemampuan tanah menyimpan air, drainase, dll. Sifat fisik tanah ini banyak bersangkutan dengan penggunaan tanah dalam berbagai keadaan. Menghitung kerapatan butir tanah, berarti menentukan kerapatan partikel tanah dimana pertimbangan hanya diberikan untuk partikel yang solid. Oleh karena itu kerapatan partikel setiap tanah merupakan suatu tetapan dan tidak bervariasi menurut jumlah ruang partikel. Untuk kebanyakan

tanah mineral kerapatan partikelnya rata–rata sekitar 2,6 g cm^{-3}. Kandungan bahan organik di dalam tanah sangat mempengaruhi kerapatan butir tanah, akibatnya tanah permukaan biasanya kerapatan butirnya lebih kecil dari subsoil. Meskipun demikian kerapatan butir tanah tidak banyak berbeda. Jika berbeda maka terdapat variasi yang harus mempertimbangkan kandungan tanah organik (Madjid, 2010).

Berat isi sangat berhubungan erat dengan berat jenis jika berat jenis tanah sangat besar maka bulk density juga besar pula, hal ini dikarenakan partikel density berbanding lurus dengan berat isi, namun apabila sebuah tanah memilki tingkat kadar air yang tinggi maka berat jenis dan berat isi akanrendah hal ini dikarenakan berat jenis berbanding terbalik dengan kadar air, dapat kita buktikan apabila di dalam suatu tanah memilki tingkat kadar air yang tinggi dalam menyerap air maka kepadatan tanah juga akan rendah karena pori-pori di dalam tanah besar sehingga tanah yang memilki pori yang besar akan lebih mudah memasukkan air di dalam agregat tanah (Hanafiah, 2004).

2.4.2 Particle Density (Berat Jenis)

Berat jenis adalah berat tanah kering persatuan volume partikel-partikel (padat) tanah (jadi tidak termasuk volume pori-pori tanah). Tanah mineral mempunyai berat jenis 2,65 g cm^{-3} (Hardjowigeno, 2003).

Dalam menentukan kepadatan partikel tanah, pertimbangan hanya diberikan untuk partikel yang kuat. Oleh karena itu, kerapatan partikel setiap tanah merupakan suatu tetapan dan tidak bervariasi menurut jumlah ruang partikel. Hal ini didefinisikan sebagai massa tiap unit volume partikel tanah dan sering kali dinyatakan dalam g cm^{-3}. Kebanyakan tanah mineral kerapatan partikelnya rata-rata sekitar 2,6 g cm^{-3} (Madjid, 2010).

Kerapatan partikel adalah bobot massa partikel padat persatuan volume tanah, biasanya tanah memiliki kerapatan partikel yaitu 2,6 g cm^{-3}. Kerapatan partikel erat hubungannya dengan kerapatan massa. Hubungan kerapatan partikel dan kerapatan massa dapat menentukan pori-pori pada tanah (Hanafiah, 2004).

Berat jenis dinyatakan dalam berat (g tanah persatuan volume cm^3) tanah. Jadi bila 1 cm^3 padatan tanah beratnya 2,6 g, maka berat jenis tanah tersebut adalah 2,6 g cm^{-3} (Pedro,2001). Besar ukuran dan cara teraturnya partikel tanah tidak dapat berpengaruh dengan berat jenis. Ini salah satu penyebab tanah lapisan

atas mempunyai nilai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan lapisan bawahnya karena banyak mengandung bahan organik (Sutedjo, 2002).

2.4.3 Porositas Tanah

Porositas adalah total pori dalam tanah yaitu ruang dalam tanah yang ditempati oleh air dan udara. Pada keadaan basah seluruh pori baik makro, meso, maupun mikro terisi oleh air, pada keadaan kering pori makro dan sebagian pori meso terisi oleh udara. Porositas merupakan gambaran aerasi dan drainase tanah (Pedro, 2001).

Pori tanah adalah ruang antara butiran padat tanah yang pada umumnya pori kasar ditempati udara dan pori kecil ditempati air, kecuali bila tanah kurang. Porositas tanah adalah persentase volume tanah yang ditempati butiran padat (Hanafiah, 2004).

Tanah dengan struktur lemah atau kersai pada umumnya mempunyai porositas yang terbesar. Pengolahan tanah untuk sementara waktu dapat memperbesar porositas, namun dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan turunnya porositas. Oleh karena itu, untuk memperbesar porositas tanah tindakan yang perlu dilakukan adalah dengan penambahan bahan organik atau melakukan pengolahan tanah secara minimum. Pengolahan tanah berlebih akan menyebabkan rusaknya struktur tanah. Nilai porositas dapat diperoleh jika diketahui nilai berat isi dan nilai berat jenis (Hardjowigeno, 2003).

Pori tanah jika dalam keadaan basah seluruhnya akan terisi oleh air, baik pori mikro, pori meso atau pun pori makro. Sebaliknya pada keadaan kering, pori makro dan sebagian pori meso terisi udara. Jumlah ruang pori sebagian besar ditentukan oleh susunan butir padat. Kalau letaknya satu sama lain cenderung erat seperti pada pasir dan sub soil padat, porositasnya rendah. Jika tersusun dalam agregat yang bergumpal seperti yang kerap kali terjadi pada tanah bertekstur sedang, yang besar kandungan bahan organiknya, ruang pori persatuan volume tinggi. Perbedaan besar jumlah ruang pori berbagai keadaan tanah tergantung pada keadaan tanah (Madjid, 2010).

2.4.4 Penetrasi

Penetrasi tanah adalah daya yang dibutuhkan oleh sebuah benda untuk masuk ke dalam tanah. Spangler dan Handy (1982) melakukan percobaan

sederhana, mulai dari penggunaan ibu jari tangan sampai hak sepatu boot untuk mengetahui penetrasi tanah. Mereka berpendapat, penggunaan ibu jari tangan yang didorong ke dalam tanah dengan tenaga penuh merupakan cara tertua untuk mendapatkan ukuran kekuatan tekanan tanah (*unconfined compressive strength*) atau kapasitas menahan (*bearing capacity*) dari tanah.

Bidang pertanian biasanya menggunakan penetrometer atau penetrograph untuk mengetahui ketahanan tanah terhadap penetrasi akar tanaman. Penggunaan penetrometer dimaksudkan untuk menilai kondisi tanah dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan perkembangan akar di dalam tanah, hasil panen, dan sifat-sifat fisik tanah lainnya yang berhubungan dengan produksi pertanian. Di bidang teknik sipil, penetrometer dirancang untuk mengetahui ketahanan tanah sampai kedalaman lebih dari satu meter.Penetrasi tanah merupakan refleksi atau gambaran dari kemampuan akar tanaman menembus tanah. Masuknya akar tanaman ke dalam tanah tergantung dari kemampuan akar tanaman itu sendiri, sifat-sifat fisik tanah seperti struktur, tekstur dan kepadatan tanah, retakan-retakan yang ada di dalam tanah, kandungan bahan organik tanah, dan kondisi kelembaban tanah.

Menurut Muzani (2012), Tahanan penetrasi tanah merupakan nilai yang dapat mengetahui kepadatan tanah dan tahanan tanah. Pengukuran tanah dengan menggunakan penetrometer sangat mudah untuk memperoleh data tahanan tanah. Cone index merupakan besaran yang menunjukkan harga ketahanan tanah terhadap gaya penetrasi dari cone (vertikal) dibagi luas dasar cone. Satuan besaran ini dinyatakan dalam satuan gaya persatuan luas (kg cm^2). Menurut Budi, Yuswar dan Idkham (2012), Pengukuran tahanan penetrasi tanah dilakukan pada selang kedalaman (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 dan 50-60) cm. Alat yang digunakan adalah penetrometer dengan tahanan penetrasi (CI) dihitung dengan rumus: CI = (98Fp). Dimana : CI (Cone Indeks) = tahanan penetrasi (kPa) Fp = Gaya tahanan penetrasi (kgf).

2.4.5 Kadar Air

Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah yang biasanya dinyatakan dengan berat kering. Kadar air pada kapasitas lapang adalah jumlah air yang ada dalam tanah sesudah kelebihan air gravitasi mengalir keluar dan dengan nyata,

biasanya dinyatakan dengan persentase berat. Kadar air pada titik layu permanen adalah yang dinyatakan dengan persentase berat kering. Pada saat daun tumbuhan yang terdapat dalam tanah tersebut mengalami pengurangan kadar air secara permanen sebagai akibat pengurangan persediaan kelembaban tanah (Buckman dan Brady, 1982)

Kadar air yang tersedia dalam tanah didasarkan pada kenyataan bahwa jumlah air maksimum yang dapat disimpan dalam tanah adalah air yang ditahan pada saat kapasitas lapang dimana tanaman hanya dapat menurunkan kandungan air tanah sampai batas titik layu permanen. Atas dasar itu maka jumlah air yang dapat ditahan antar kapasitas lapang dan titik layu permanen serta kelebihan air yang terikat pada kapasitas lapang tidak menguntungkan lagi bagi tanaman tingkat tinggi (Pairunan, A. K, 1997). Air dalam tanah mengalir kebawah dengan gaya perkolasi sesuai dengan gavitasi bumi. Hal ini disebabkan oleh sifat air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah (Sarief, 1986).

Persediaan air dalam tanah tergantung dari banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotraspirasi (penguapan langsung melalui tanah dan melalui vegetasi), dan tingginya muka air tanah. Banyaknya kandungan air dalam tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (*moisture tension*) dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air tersebut di dalam tanah. Kemampuan tanah menahan air dipengaruhi antara lain oleh tekstur tanah. Tanah-tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil daripada tanah bertekstur halus. (Hardjowigeno, 2003).

repository.ub.ac.id

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Peneltian

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca BPTP Jawa Timur, Jalan Raya Karangploso Km. 4, Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2018 hingga Agustus 2018 mulai dari persiapan hingga analisa laboratorium.

3.2. Bahan dan Rancangan Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain: bahan tanah pasir dari lereng Gunung Kelud, pembenah tanah Ca-Mix, pupuk kandang (pupuk organik), ember plastik ukuran $\pm$10 kg. Kandungan pembenah tanah Ca-Mix disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kandungan hara pembenah tanah Ca-Mix

No	Parameter	Nilai	Satuan	Metode
1.	Iron (Fe)	0,30	%	ICP-OES
2.	CaO	18,57	%	ICP-OES
3.	Kadar air	10,60	%	AOAC 19th Ed., 2012. Method 950.01
4.	Arsen (As)	0,21	ppm	AOAC 19th Ed., 2012. Method 957 02 &986 15
5.	Mercury (Hg)	0,30	ppm	AOAC 19th Ed., 2012. Method 957 02 & 971 21
6.	Timbal (Pb)	16,1	ppm	ICP-OES
7.	Cadmium (Cd)	< 0,1	ppm	ICP-OES
8	Magnesium(Mg)	44,6	ppm	ICP-OES
9	Zinc (Zn)	66,0	ppm	ICP-OES
	Kehalusan			ICP-OES
8.	Lolos 40 mesh	100	%	Pengayakan
9.	Lolos 100 mesh	83	%	Pengayakan

Sebelum dimulai penelitian, tanah dengan tekstur pasir dari lereng Gunung Kelud yang akan digunakan untuk penelitian dilakukan analisis awal, terdiri dari analisis sifat fisik dan kimia tanah. Untuk mengetahui sifat fisik tanah, tanah diambil secara utuh menggunakan *ring sample*. Sifat fisik yang akan dianalisisantara lain: berat jenis, berat isi, penetrasi, porositas, KHJ, dan kadar air pF. Sedangkan untuk mengetahui sifat kimia tanah, tanah diambil secara komposit. Sifat kimia yang akan dianalisis antara lain KTK dan C-organik tanah.

Hasil analisis awal tanah yang digunakan untuk penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 2. Analisis Tanah awal dari Desa Manggis, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri

No	Jenis Analisis	Satuan	Nilai	Harkat	Metode
1	C Organik	(%)	1,04	rendah	Walkley & Black; Spectrophotometry
2	KTK	me/100 g	7,45	rendah	Perkolasi NH_4-Acetat 1 M, pH7+NaCl 10%; Titrimetry
3	BI	g cm^{-3}	1,095	Tanah mineral	Metode silinder
4	BJ	g cm^{-3}	2,55	Tanah mineral	Piknometer
5	KHJ	cm jam^{-1}	109,4	Sangat cepat	Contanhead
6	Porositas	(%)	42,22	cepat	
7	Penetrasi	Mpa	0,05	tanah berpasir halus	
8	Kadar air pF 0	cm^3 cm^{-3}	0,495		Gravimetri
	Kadar air pF 2	cm^3 cm^{-3}	0,17		
	Kadar air pF 2,5	cm^3 cm^{-3}	0,16		
	Kadar air pF 4,2	cm^3 cm^{-3}	0,6		

Sumber : Laboratorium. Tanah Universitas Brawijaya, 2017

3.3. Metode Pelaksanaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 7 (tujuh) perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali. Setiap ulangan diduplikat menjadi 3, setiap 1 duplikat diamati setiap 1 bulan. Perlakuan penelitian adalah pengaplikasian pupuk organik dan Ca-mix dengan bahan utama tanah pasir lereng Gunung Kelud. Metode yang dilakukan dengan mengamati berat tanah setiap 3 hari sekali. Perlakuan Ca-mix menggunakan 5 dosis yaitu 2,5 t ha^{-1}, 5 t ha^{-1}, 10 t ha^{-1}, 15 t ha^{-1}dan 20 t ha^{-1}. Tanah yang digunakan adalah tanah Gunung kelud dengan berat 10 kg per pot. Masing-masing perlakuan adalah sebagai berikut :

A. Tanah lereng Gunung Kelud
B. Tanah lereng Gunung Kelud + pupuk organik 10 t ha^{-1}
C. Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 2,5 t ha^{-1}
D. Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 t ha^{-1}
E. Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 10 t ha^{-1}
F. Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 15 t ha^{-1}
G. Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}

3.4. Pelaksanaan Kegiatan

1. Persiapan Bahan

Persiapan yang dilakukan adalah menyediakan tanah pasir lereng Gunung Kelud dan pot 84 buah, lalu tanah ditimbang 10 kg lalu dimasukan dalam pot yang sudah diberi label. Selanjutnya pupuk kandang dan Ca-mix ditimbang sesuai dengan dosis setiap perlakuan kemudian dicampur merata dan kondisi kadar lengas tanah dalam kapasitas lapangan.

2. Penyusunan Pot

Penyusunan pot dilakukan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap dimana seluruh pot disusun didalam *greenhouse* secara acak. Dengan susunan 7 baris kesamping dan 12 baris kebelakang (Lampiran 4).

3. Pengamatan tanah dilapang

Kondisi kapasitas lapang dipertahankan selama diinkubasikan dengan cara pengecekan setiap 3 hari sekaliyaitu dengan menimbang berat tanah didalam pot yang telah dicampur pupuk, kemudian tanah disiram dan ditimbang kembali, 3 hari kemudian pot kembali ditimbang.

4. Pengambilan Sampel

Pengambilan contoh tanah utuh dan komposit dilakukan 3 (tiga) kali selama inkubasi, yaitu bulan ke I, II, dan III. Pengambilan sampel tanah dengan metode ring sampel. Setiap perlakuan diambil 6 ring sampel utuh, 1 sampel komposit dan 1 sampel utuh ring besar. Contoh tanah utuh dan komposit tersebut diambil untuk dianalisis sifat fisik dan kimia setiap perlakukan.

5. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium yang dilakukan adalah analisis fisik dan kimia. Analisis fisik yang dilakukan terdiri atas BI, BJ, porositas, KHJ, kadar air pF, dan penetrasi tanah sedangkan untuk sifat kimia berupa KTK tanah, C-organik dan kandungan bahan organik.

3.5. Parameter Pengamatan

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa parameter pengamatan antara lain sifat fisik dan sifat kimia tanah. Parameter ini bermanfaat sebagai data untuk penelitian yang dilakukan.

Tabel 3. Parameter pengamatan

Parameter Pengamatan	Keterangan	Metode
Sifat Fisik	BI	Silinder
	BJ	Piknometer
	Porositas	(1- (BI / BJ)) x 100 %
	KHJ	Constan Head
	Penetrasi	Hand Penetrometer
	Kadar air pF	Gravimetri
Sifat Kimia	KTK	Amonium Acetat
	C-organik	Walkley and Black

3.6 Analisa Data

Data-data kuantitatif dari hasil pengamatan diolah menggunakan *Ms.Excel*. Kemudian data tersebut dianalisis dengan uji normalitas untuk melihat sebaran data. Jika data tersebut normal maka dilanjutkan dengan analisis sidik ragamnya atau *Analysis of Varience* (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan *Genstat*. Jika analisis ragam diperoleh beda nyata, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Selanjutnya dilakukan regresi antara setiap parameter yang dipengaruhi oleh pembenah tanah Ca-mix dengan lama waktu inkubasi menggunakan *Ms. Excel.*

repository.ub.ac.id

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Fisik Tanah

Pemberian perlakuan Ca-mix diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik tanah. Adapun sifat tanah yang telah diamati adalah berat isi, berat jenis, porositas, penetrasi dan kadar air pF.

4.1.1. Berat Isi

Berdasarkan hasil analisa menunjukan bahwa perlakuan pada penelitian ini memberikan pengaruh nyata pada parameter berat isi tanah. Namun nilai berat isi paling baik merupakan perlakuan dengan penambahan pupuk organik. Pada Tabel 7 dapat di lihat bahwa perlakuan B (tanah lereng Gunung Kelud + Pupuk Organik 10 ton ha^{-1}) memiliki nilai berat isi paling rendah yaitu 1,42 g cm^{-3}, hal ini dapat disebabkan oleh penambahan pupuk organik pada perlakuan B, dimana bahan organik dapat mengikat tanah sehingga mendorong pembentukan remah serta sifat elektrokimia dari humus dapat memantapkan agregat sehingga berpengaruh dalam menurunkan berat isi tanah

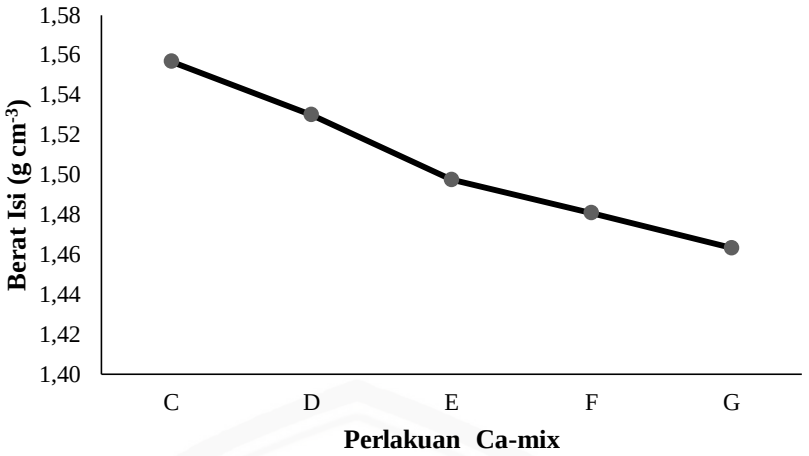
Tabel 4. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Berat Isi Tanah

No	Perlakuan	Berat Isi (g cm^{-3})
1	Kontrol	1,55c
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	1,42a
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	1,56 c
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	1,53 bc
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	1,50 bc
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	1,48 abc
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	1,46 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Perlakuan Ca-mix dengan dosis 2,5 t ha^{-1} memiliki nilai berat isi paling tinggi yaitu 1,56 g cm^{-3} dan tidak jauh berbeda dengan nilai berat isi dari kontrol. Menurut Harjdowigeno (2003), makin padat suatu tanah makin tinggi berat isi, berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar. Tingginya nilai berat isi tersebut dapat dikarenakan kandungan dalam Ca-mix belum mampu memperbaiki pori tanah dan menurunkan nilai berat isi pada tanah sebaik bahan organik. Namun pada perlakuan Ca-mix dengan dosis besar mampu menurunkan nilai berat isi tanah. Grafik perubahan nilai berat isi tanah berdasarkan dosis yang digunakan disajikan pada Gambar 1.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 1. Grafik Perubahan Berat Isi Tanah Pada Perlakuan Ca-mix

Keterangan: Perlakuan C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Seiring meningkatnya dosis Ca-mix yang digunakan maka menghasilkan penurunan nilai berat isi tanah, hal ini dapat dikarenakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai berat isi tanah adalah pembentukan agregat tanah. Kandungan Ca-mix berupa kation-kation basa seperti kation Ca^{2+} yang diadsorpsi mampu mendorong proses granulasi, sehingga tanah mampu membentuk agregat dan memperbanyak ruang pori dalam tanah sehingga berpengaruh dalam menurunkan nilai berat isi tanah.

4.1.2 Berat Jenis

Hasil analisis menunjukan bahwa perlakuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap parameter berat jenis tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah

No	Perlakuan	Berat Jenis (g cm^{-3})
1	Kontrol	2,59
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	2,51
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	2,64
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	2,59
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	2,56
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	2,53
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	2,55

Rata-rata nilai berat jenis dari setiap perlakuan memiliki nilai yang hampir sama, hal ini dapat dikarenakan tanah dasar yang digunakan setiap perlakuan merupakan tanah mineral yang sama. Berat jenis tanah lebih dipengaruhi oleh

mineral-mineral penyusun tanah dan tekstur tanah sehingga memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soepardi (1995) berat jenis tanah dipengaruhi oleh jenis mineral yang menyusun tanahnya, semakin lepas tekstur suatu tanah maka berat isi dan berat jenis tanahnya akan semakin rendah.

Tanah-tanah mineral mempunyai kisaran berat jenis antara 2,6–2,9 g cm^{-3}. Berat jenis butiran berubah dengan ukuran butiran atau dengan perubahan pori-pori. Berat jenis tanah mineral rata-rata merupakan berat jenis mineral yang paling banyak terdapat dalam tanah (Madjid, 2010).

4.1.3 Porositas

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap porositas tanah seperti dapat dilihat pada Tabel 6. Perlakuan B (tanah lereng Gunung Kelud + Pupuk Organik 10 t ha^{-1}) memiliki nilai porositas paling tinggi yaitu 45,40%, hal ini dapat disebakan oleh penambahan bahan organik pada perlakuan B mendorong terjadinya pembentukan agregat oleh mikroba tanah maupun sifat elektrokimia humus yang mampu memantapkan agregat. Terbentuknya agregat ini mengakibatkan pori tanah semakin banyak dan nilai porositas semakin tinggi. Menurut Craswell and Lefroy (2001) kaitannya dengan sifat fisik tanah, bahan organik tanah berfungsi untuk meningkatkan stabilitas struktur dan meningkatkan porositas tanah sehingga pada akhirnya mampu mempercepat masuknya air kedalam profil tanah.

Tabel 6. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Porositas Tanah

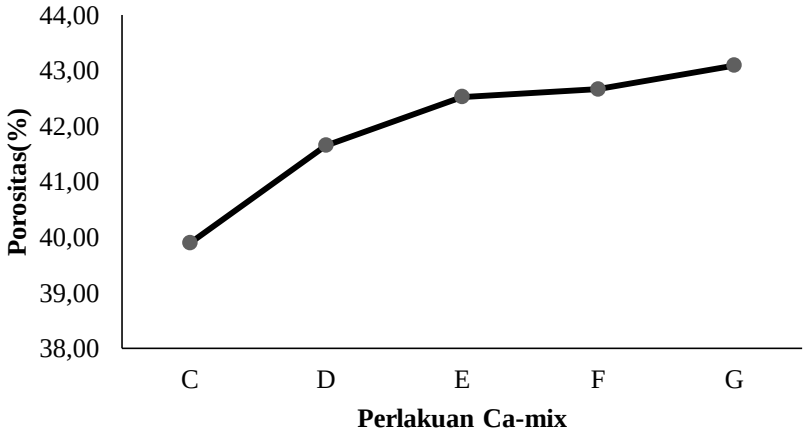
No	Perlakuan	Porositas(%)
1	Kontrol	40,22 ab
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	45,40 c
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	39,90 a
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	41,65 ab
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	42,52 abc
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	42,67 abc
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	43,09 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Tingginya nilai porositas pada perlakuan B sejalan dengan pernyataan bahwa porositas berbanding terbalik dengan berat isi tanah. Normalnya apabila nilai berat isi nya rendah maka nilai porositasnya menjadi tinggi. Hal ini sesuai

dengan yang dikemukakan oleh Agus *et al* (2006) bahwa tanah dengan ruang pori yang tinggi cenderung mempunyai berat isi yang rendah.

Perlakuan Ca-mix tidak memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada parameter porositas sebaik perlakuan dengan pupuk organik, namun semakin meningkatnya dosis Ca-mix maka meningkatkan nilai porositas tanah seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perubahan Porositas Tanah Pada Perlakuan Ca-mix

Keterangan: Perlakuan C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Peningkatan dosis Ca-mix berbanding lurus dengan peningkatan nilai porositas tanah, hal ini dapat dikarenakan salah satu faktor yang mempengaruhi porositas tanah adalah pembentukan agregat tanah. Kandungan kation-kation basa didalam Ca-mix berupa kation Ca^{2+} yang diadsorpsi mampu mendorong proses granulasi, sehingga tanah mampu membentuk agregat dan memiliki ruang pori yang lebih banyak sehingga nilai porositas tanah meningkat.

4.1.4 Penetrasi

Penetrasi tanah merupakan refleksi atau gambaran dari kemampuan akar tanaman menembus tanah. Sehingga semakin besar nilai penetrasi maka semakin padat tanahnya dan semakin sulit ditembus oleh akar. Berdasarkan hasil analisis perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai penetrasi tanah seperti pada Tabel 7. Perlakuan B (tanah lereng Gunung Kelud + Pupuk Organik 10 t ha^{-1}) memiliki nilai penetrasi paling rendah yaitu 0,04 mpa. Tanah pada perlakuan B merupakan tanah yang paling baik dengan nilai penetrasi yang paling rendah, hal

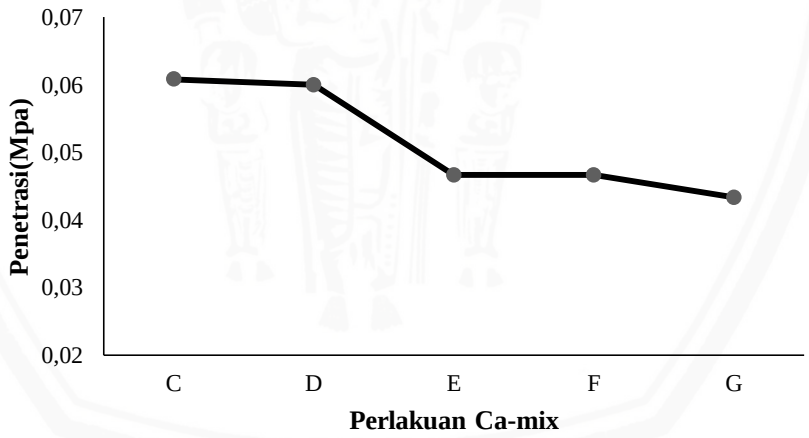
ini dapat dikarenakan pemberian pupuk organik pada perlakuan B mampu mendorong pembentukan agregat dan pori tanah sehingga lebih mudah ditembus oleh akar. Menurut Intara (2011), pemberian bahan organik kedalam tanah dapat meningkatkan jumlah ruang pori tanah dan membentuk struktur tanah yang remah.

Tabel 7. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Penetrasi Tanah

No	Perlakuan	Penetrasi(Mpa)
1	Kontrol	0,06 d
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	0,03 a
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,06 d
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,06 cd
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,05 bc
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,05 b
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,04 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%

Perlakuan Ca-mix tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada parameter penetrasi sebaik perlakuan dengan pupuk organik, namun semakin meningkatknya dosis Ca-mix maka meningkatkan nilai penetrasi tanah seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perubahan Penetrasi Tanah Pada Perlakuan Ca-mix

Keterangan: Perlakuan C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Peningkatan dosis Ca-mix berbanding lurus dengan penurunan nilai penetrasi tanah. Semakin rendah nilai penetrasi tanah maka semakin baik kondisi tanah tersebut. Penurunan nilai tahanan penetrasi tanah ini dapat dipengaruhi oleh

kandungan kation-kation basa dalam Ca-mix mampu mempengaruhi pembentukan agregat tanah. Kandungan Ca-mix berupa kation Ca^{2+} yang diadsorbsi mampu mendorong proses granulasi, sehingga tanah mampu membentuk agregat sehingga tanah memiliki banyak ruang pori dan remah sehingga mudah untuk ditembus akar.

4.1.5 Konduktivitas Hidrolik Jenuh

Hasil analisis ragam menunjukan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai konduktivitas hidrolik jenuh tanah seperti dapat dilihat pada Tabel 8, namun perlakuan dengan nilai kondukivitas hidrolik jenuh terbaik merupakan perlakuan dengan penambahan pupuk organik. Perlakuan B (tanah lereng Gunung Kelud + Pupuk Organik 10 t ha^{-1}) memiliki nilai konduktivitas hidrolik jenuh paling tinggi yaitu 28,49cm jam^{-1}, hal ini dapat disebabkan oleh pemberian pupuk organik pada perlakuan B memperbaiki agregat dan pori tanah sehingga kemampuan tanah melewatkan air pada kondisi jenuh cukup baik. Hal ini sejalan dengan pernyataan Craswell and Lefroy (2001) bahan organik tanah berfungsi untuk meningkatkan stabilitas struktur dan meningkatkan porositas tanah sehingga pada akhirnya mampu mempercepat masuknya air kedalam profil tanah.

Tabel 8. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Konduktivitas Hidrolik Jenis Tanah

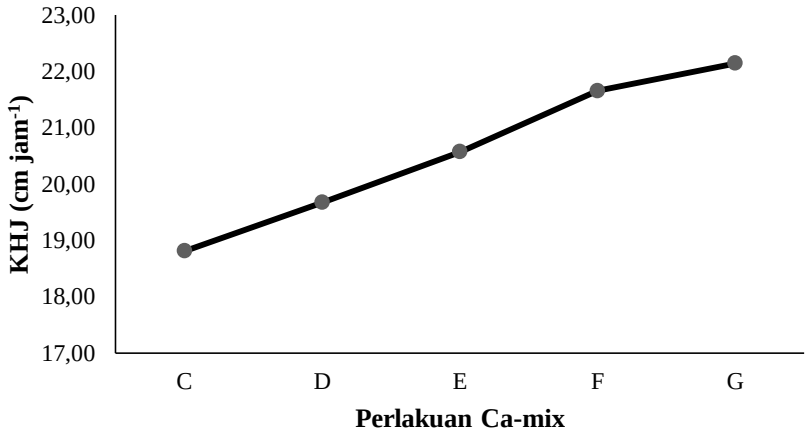
No	Perlakuan	KHJ
1	Kontrol	18,43 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	24,16 e
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	18,81 a
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	19,67 ab
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	20,57 bc
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	21,66 cd
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	22,14 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan klasifikasi konduktivitas hidrolik jenuh tanah dalam LPT (1979) tanah dengan nilai konduktivitas hidrolik jenuh 12,5-25 tergolong cepat, maka nilai KHJ pada seluruh perlakuan tergolong cepat. Hal ini dapat dikarenakan pada semua perlakuan memiliki tekstur tanah yang sama yaitu pasir. Menurut

Utomo (1994), nilai KHJ >12 merupakan tanah dengan kelas tekstur pasir dan pasir berlempung.

Perlakuan Ca-mix belum mampu meningkatkan nilai konduktivitas hidrolik jenuh sebaik perlakuan dengan pupuk organik, namun semakin tinggi dosis Ca-mix mampu meningkatkan nilai konduktivitas hidrolik jenuh tanah seperti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perubahan Konduktivitas Hidrolik Jenuh Tanah Pada Perlakuan Ca-mix

Keterangan: Perlakuan C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Peningkatan dosis Ca-mix berbanding lurus dengan peningkatan nilai konduktivitas hidrolik jenuh tanah. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondukivitas hidrolik jenuh adalah agregat tanah. Kandungan kation-kation basa dalam Ca-mix berupa kation Ca^{2+} yang diadsorbsi mampu mendorong proses granulasi, sehingga tanah mampu membentuk agregat sehingga tanah memiliki banyak ruang pori dan remah sehingga mudah untuk melewatkan air.

Menurut Nurhidayah (2000) bahwa semakin tinggi pori efektif tanah maka KHJ semakin meningkat. Selain itu hal ini dapat dipengaruhi oleh tekstur tanah dengan pori yang besar. Partikel liat mempunyai daya ikat air lebih besar dibandingkan partikel pasir, akan tetapi tanah liat mempunyai ruang antar partikel (pori) lebih sempit dibandingkan tanah berpasir. Oleh karena itu, air gravitasi pada tanah liat lebih kecil dibandingkan tanah pasir, akan tetapi tanah pasir maupun tanah liat kurang mampu menyimpan atau menyediakan air untuk tanaman.

4.1.6 Kadar Air Tanah

Hasil analisis ragam menunjukan bahwa perlakuan Ca-mix memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air tanah. Kadar air yang dianalisis dibedakan menjadi pF 0, pF 2, pF 2,5 dan pF 4,2, dimana pF merupakan koefisien yang menunjukan potensi ketersediaan air tanah untuk mensuplai kebutuhan tanaman berdasarkan tekanan yang menyertai penjeratan air. Pada Tabel 9 dapat dilihat nilai kondisi air adalah jenuh perlakuan G (tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}) memiliki nilai tertinggi yaitu 0,51, sedangkan nilai terendah pada perlakuan A atau kontrol dengan nilai 0,45.

Tabel 9. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 0

No	Perlakuan	Kadar Air pF 0
1	Kontrol	0,45 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	0,48 bc
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,46 ab
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,47 ab
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,49 cd
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,50 de
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,51 e

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Pada tabel 10 dapat dilihat nilai air gravitasi perlakuan G (tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}) memiliki nilai tertinggi yaitu 0,30, sedangkan nilai terendah pada perlakuan A atau kontrol dengan nilai 0,24.

Tabel 10. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 2

No	Perlakuan	Kadar Air pF 2
1	Kontrol	0,24 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	0,25 a
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,26 b
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,27 b
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,27 b
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,28 b
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,30 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Pada Tabel 11 dapat dilihat kondisi air kapasitas lapang perlakuan G (tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}) memiliki nilai tertinggi yaitu 0,25, sedangkan nilai terendah pada perlakuan A atau kontrol dengan nilai 0,20.

Tabel 11. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 2,5

No	Perlakuan	Kadar Air pF 2,5
1	Kontrol	0,20 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	0,21 ab
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,22 abc
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,23 bc
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,23 c
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,23 c
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,25 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Pada Tabel 12 dapat dilihat air kapiler atau air tidak tersedia perlakuan G (tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}) memiliki nilai tertinggi yaitu 0,08, sedangkan nilai terendah pada perlakuan A atau kontrol dengan nilai 0,05. Baik pada pF 0, pF 2, pF 2,5 dan pF 4,2 perlakuan Ca-mix dengan dosis 20 t ha^{-1} memiliki nilai kadar air paling tinggi, hal ini dapat dipengaruhi oleh kandungan kation-kation basa pada Ca-mix yang diadsorbsi sehingga mendorong pembentukan agregat dan pori tanah. Tanah dengan agregat dan pori yang baik dapat menahan air lebih baik.

Tabel 12. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kadar Air Tanah Pada pF 4,2

No	Perlakuan	Kadar Air pF 4,2
1	Kontrol	0,05 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	0,07 b
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,06 ab
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,06 b
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,06 ab
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,07 b
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,08 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Hal ini sejalan dengan pernyataan Buckman and Brady (1982) dalam bukunya menyatakan bahwa adsorbsi pada kation-kation tertentu dapat

mengembangkan sifat fisik tanah, seperti adsorbsi Ca^{2+} mampu mendorong granulasi melalui peristiwa flokulasi.

4.2. Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Kimia Tanah

4.2.1 Kapasitas Tukar Kation

Hasil analisis ragam menunjukan bahwa perlakuan Ca-mix memberikan pengaruh nyata terhadap kapasitas tukar kation tanah seperti dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai Kapasitas Tukar Kation Tanah

No	Perlakuan	KTK(me/100g)
1	Kontrol	6,01 a
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	6,82 c
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	6,15 ab
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	6,24 ab
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	6,40 b
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	6,93cd
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	7,18 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukan perbedaan nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Perlakuan G (tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 t ha^{-1}) memiliki nilai kapasitas tukar kation tertinggi yaitu 7,18 me/100 g, sedangkan nilai terendah pada perlakuan A atau kontrol dengan nilai 6,01 me/100 g.Tingginya nilai kadar air pada perlakuan G ini dapat dipengaruhi oleh kandungan kation-kation basa pada Ca-mix seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang mampu mengikat ion-ion negatif dan meningkatkan kemampuan tukar kation tanah.

Berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009) kapasitas tukar kation tanah pada hasil analisis diatas tergolong kategori rendah yaitu 5–16. Menurut Rosemarkam dan Yuwono (2002) tanah dengan KTK tinggi mampu menjerat dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Tanah dengan KTK tinggi bila didominasi oleh kation basa, Ca, Mg, K, Na (kejenuhan basa tinggi) dapat meningkatkan kesuburan tanah, tetapi bila didominasi oleh kation asam, Al, H (kejenuhan basa rendah) dapat mengurangi kesuburan tanah karena unsur-unsur hara terdapat dalam kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah hilang tercuci oleh air.

4.2.2 C-Organik

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukan bahwa perlakuan Ca-mix tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan C-organik tanah seperti dapat di lihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Pengaruh Perlakuan Ca-mix Terhadap Nilai C-Organik Tanah

No	Perlakuan	C-Organik(%)
1	Kontrol	0,97
2	Pupuk Organik 10 t ha^{-1}	1,51
3	Ca-mix 2,5 t ha^{-1}	0,95
4	Ca-mix 5 t ha^{-1}	0,96
5	Ca-mix 10 t ha^{-1}	0,97
6	Ca-mix 15 t ha^{-1}	0,97
7	Ca-mix 20 t ha^{-1}	0,98

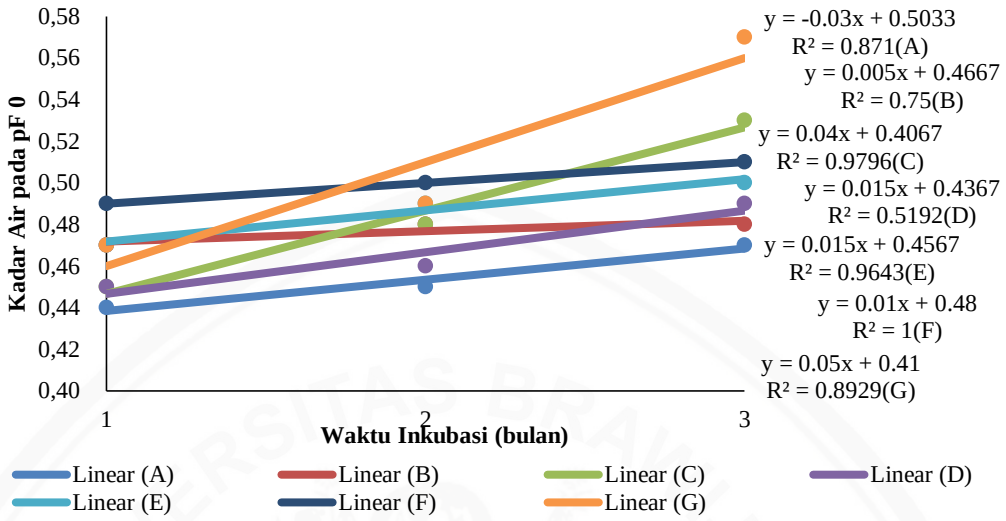
Perlakuan dengan nilai C-organik tertinggi adalah perlakuan B dengan penambahan pupuk organik, sedangkan untuk perlakuan lain dapat dilihat nilainya tidak jauh berbeda dari kontrol. Pemberian Ca-mix tidak mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah. Perlakuan B (tanah lereng Gunung Kelud + Pupuk Organik 10 t ha^{-1}) memiliki nilai tertinggi yaitu 1,51%. Tingginya kadar C-organik pada perlakuan B ini dapat dipengaruhi oleh pemberian pupuk organik yang dapat membantu pembentukan agregat tanah, agregat tanah ini mampu melindungi tanah dari kehilangan karbon. Tingginya karbon tanah ini akan mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik, baik secara fisik, kimia dan biologi. Kadar C-organik tanah cukup bervariasi, tanah mineral biasanya mengandung C-organik antara 1 hingga 9%, sedangkan tanah gambut dan lapisan organik tanah hutan dapat mengandung 40 sampai 50% C-organik dan biasanya < 1% di tanah gurun pasir (Susanto, 2005). Namun menurut Balai Penelitian Tanah (2009) kadar C-organik tanah berdasarkan hasil anlisa diatas tergolong kategori rendah yaitu 1–2 %.

4.3. Pengaruh Waktu Inkubasi Terhadap Sifat Fisika dan Sifat Kimia Tanah Lereng Gunung Kelud

Hasil analisis ragam telah menunjukan bahwa parameter kadar air pF dan kapasitas tukar kation tanah yang dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan ca-mix akan dibahas kaitannya dengan lama waktu inkubasi tanah.

4.3.1. Kadar Air Tanah

Terjadinya peningkatan maupun penurunan nilai kadar air tanah dapat dilihat kaitannya dengan lama waktu inkubasi tanah seperti pada Gambar 5.

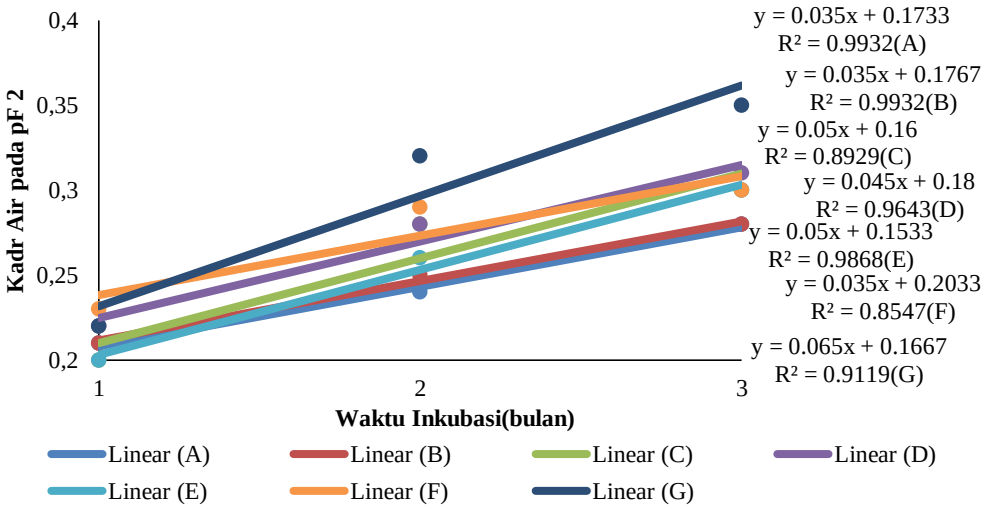


Gambar 5. Grafik Perubahan Kadar air pF 0 Selama Waktu Inkubasi

Keterangan: Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10ton ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Perlakuan G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20t ha^{-1}) pada pF 0 mengalami kenaikan yaitu 0.05 dan memiliki nilai r^2 sebesar 89% yang artinya 89% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi, sedangkan sisanya 11% dipengaruhi oleh faktor lain seperti penyiraman dan cuaca panas terik matahari yang mempercepat penguapan air didalam tanah.

Menurut Hanafiah (2004), kapasitas kandungan air tanah maksimum adalah jumlah air maksimal yang dapat ditampung oleh tanah setelah hujan turun dengan sangat lebat dan besar. Semua pori-pori tanah baik makro atau mikro dalam keadaan terisi oleh angin sehingga tanah menjadi jenuh oleh air. Jika terjadi penambahan air lebih lanjut maka akan terjadi penurunan air gravitasi yang bergerak lurus terus ke bawah. Pada keadaan ini air akan ditahan oleh tanah dengan kandungan pF 0 atau 0 atm.

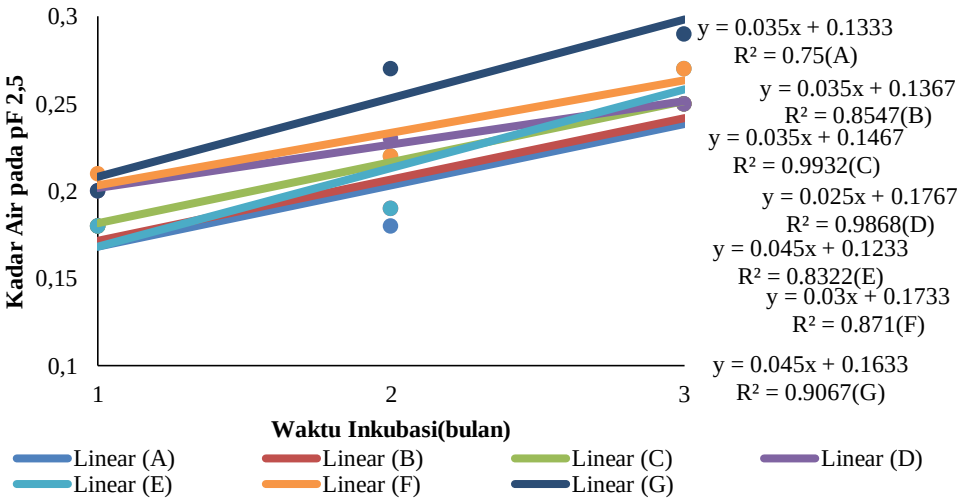


Gambar 6. Grafik Perubahan Kadar air pF 2 Selama Waktu Inkubasi

Keterangan: Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10ton ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Pada pF 2 perlakuan G dapat dilihat pada Gambar 8 mengalami kenaikan sebesar 0.065 dan nilainya cukup stabil. Berdasarkan nilai r^2 kenaikan nilai kadar air pada perlakuan G 91% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi tanah.

Tidak berbeda jauh dengan pF 2 untuk pF 2.5 dapat dilihat pada Gambar 9 perlakuan G tidak mengalami peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 0.045.

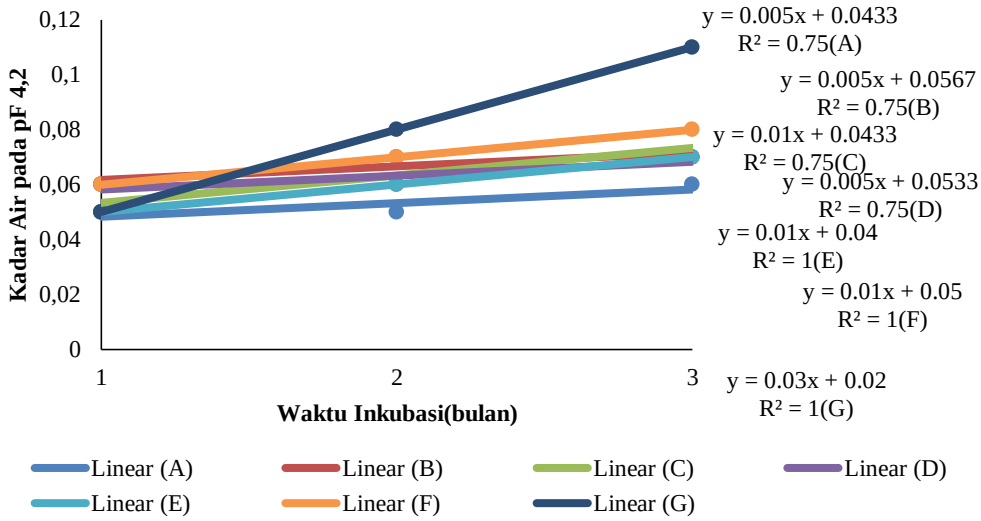


Gambar 7. Grafik Perubahan Kadar air pF 2.5 Selama Waktu Inkubasi

Keterangan: Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10ton ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah

lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Berdasarkan nilai r^2 yaitu 90% maka kenaikan tersebut 90% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi. Semakin tinggi nilai dari r^2 maka semakin baik kaitan dari parameter dengan lama waktu inkubasi tanah tersebut.



Gambar 8. Grafik Perubahan Kadar air pF 4.2 Selama Waktu Inkubasi

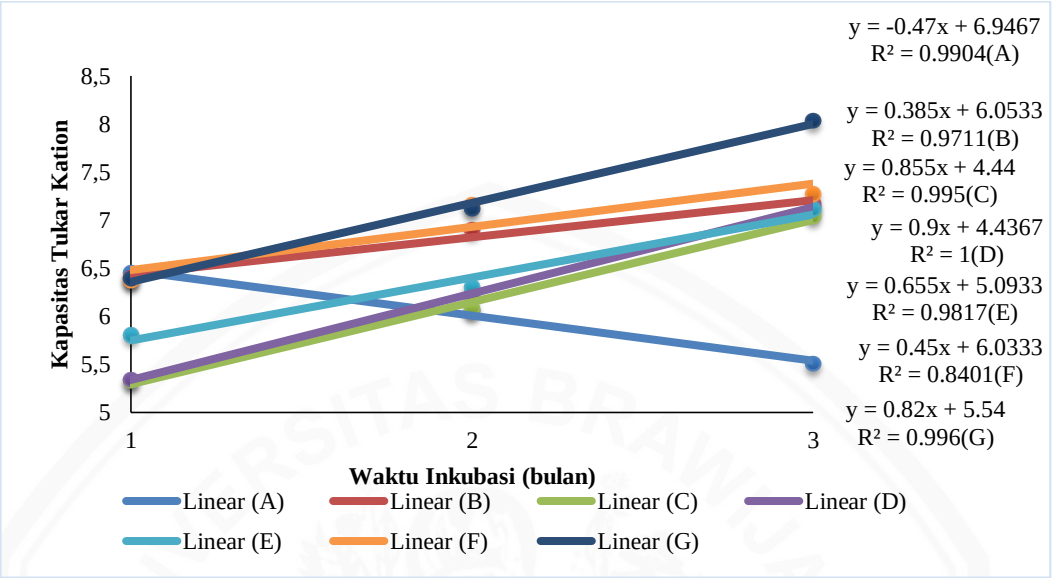
Keterangan: Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10ton ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Perlakuan G pada pF 4.2 mengalami kenaikan 0.03 dimana nilai r^2 nya adalah 100% yang artinya peningkatan nilai kadar air pada perlakuan G ini dipengaruhi seluruhnya oleh lama waktu inkubasi.

Hal ini dapat disebabkan semakin lama waktu inkubasi maka kandungan kation basa dalam Ca-mix teradsorpsi lebih baik sehingga mendorong terjadinya granulasi. Tanah yang telah membentuk agregat dan memiliki banyak ruang pori akan menahan air lebih baik sehingga nilai kadar air nya semakin tinggi. Selain itu ketersediaan air dalam tanah dipengaruhi oleh intensitas penyiraman, kemampuan tanah menahan air, besarnya evaporasi (penguapan langsung melalui tanah), tingginya muka air tanah, kadar bahan organik tanah, senyawa kimiawi atau kandungan garam-garam, dan kedalaman solum tanah atau lapisan tanah (Madjid, 2010).

4.3.2 Kapasitas Tukar Kation

Hasil analisa kapasitas tukar kation pada perlakuan G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20t ha^{-1}) menunjukan nilai tertinggi, sedangkan untuk perlakuan A atau kontrol memiliki nilai terendah.



Gambar 9. Grafik Perubahan KTK Selama Waktu Inkubasi

Keterangan: Perlakuan A (Tanah lereng Gunung Kelud), B (Tanah lereng Gunung Kelud +Pupuk Organik 10ton ha^{-1}), C (Tanah lereng Gunung Kelud+ Ca-mix 2.5 ton ha^{-1}), D (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 5 ton ha^{-1}), E (Tanah lereng Gunung Kelud +Ca-mix 10 ton ha^{-1}), F (Tanah lereng Kelud+ Ca-mix ton ha^{-1}), G (Tanah lereng Gunung Kelud + Ca-mix 20 ton ha^{-1})

Kaitannya dengan lama waktu inkubasi adalah pada perlakuan G mengalami peningkatan sebesar 0.45 dan peningkatan tersebut 84% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi, sedangkan pada perlakuan A mengalami penurunan sebesar0,47 dan penurunan tersebut 99% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi tanah. Berdasarkan Balai penelitian tanah (2009) nilai kapasitas tukar kation pada perlakuan ini tergolong rendah, hal ini dapat disebabkan oleh tekstur tanahnya adalah pasir. Pasir dan lempung berpasir sedikit mengandung liat koloid dan juga miskin bahan organik dan humus.Namun perlakuan Ca-mix mengalami peningkatan nilai KTK selama waktu inkubasi hal ini dapat disebabkan oleh kation-kation basa pada ca-mix seperti Ca dan Mg bekerja semakin baik dalam mengikat anion dan pertukaran kation.Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Karena unsur-unsur hara terdapat dalam kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah hilang tercuci oleh air. Tanah-tanah dengan

kandungan bahan organik atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dari pada tanahtanah dengan kadar bahan organik rendah atau berpasir (Soewandita, 2008).

4.4. Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam kaitannya dengan pengaruh pemberian bahan pembenah tanah sinteis C-mix terhadap karakteristik sifat-sifat tanah. Ca-mix memiliki pengaruh yang nyata terhadap beberapa parameter seperti berat isi, konduktivitas hidrolik jenuh, porositas dan penetrasi tanah, pada kelima parameter ini perlakuan B dengan pupuk organik memberikan hasil yang paling baik dibandingkan dengan perlakuan Ca-mix sedangkan pada parameter kadar air tanah dan kapasitas tukar kation tanah perlakuan dengan Ca-mix memberikan nilai paling tinggi. Menurut Sutedjo (2002), berat isi dipengaruhi oleh tekstur, struktur dan kandungan bahan organik. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai berat isi salah satunya adalah bahan organik tanah, dimana tanah dengan kandungan bahan organik tinggi akan memiliki nilai berat isi rendah begitupula sebaliknya, selain itu berat isi juga dipengaruhi oleh tekstur tanah, kadar air tanah dan bahan mineral tanah. Secara teori seluruh parameter ini saling berkaitan, dimana semakin kecil nilai berat isi maka kondisi tanah semakin baik karena ketika nilai berat isi semakin tinggi maka tanah semakin padat, jika dikaitkan dengan porositas semakin padat tanah maka semakin sedikit ruang pori yang dimiliki tanah tersebut dan nilai tahanan penetrasinya juga semakin besar, demikian juga nilai konduktivitas hidroik dipengaruhi oleh banyaknya pori tanah. Menurut Budi, Yusman dan Idkham (2012) faktor porositas tanah juga sangat berpengaruh. Semakin kecil porositas tanah maka tahanan penetrasi semakin tinggi dan kepadatan tanah semakin besar.

Hasil analisis menunjukan bahwa pemberian Ca-mix berpengaruh pada parameter kadar air dan kapasitas tukar kation. Jika dibandingkan dengan kontrol kadar air paling tinggi adalah pada perlakuan G yaitu dengan dosis Ca-mix 20 t ha^{-1}, sedangkan untuk parameter kapasitas tukar kation dengan nilai paling tinggi adalah pada perlakuan G dengan dosis Ca-mix 20 t ha^{-1}. Kandungan Ca-mix berupa kation-kation basa diadsorpsi sehingga mampu mendorong terjadinya granulasi. Tanah dengan agregat yang lebih baik tentu memiliki ruang pori yang

lebih baik sehingga mampu menahan kadar air tanah. Selain itu kation-kation basa mampu mengikat ion-ion dan meningkatkan kemampuan tukar kation tanah. Semakin tinggi kapasitas tukar kation tanah maka makin tinggi kemampuan tanah menyimpan hara. Kation adalah ion bermuatan positif seperti Ca^{2+}, Mg^{+}, K^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, H^{+}, Al^{3+}, dan sebagainya. Tanah kation-kation tersebut terlarut di dalam air tanah atau dijerap oleh koloid-koloid tanah. Banyaknya kation (dalam miliekivalen) yang dapat dijerap oleh tanah per satuan berat tanah (biasanya per 100 g) dinamakan kapasitas tukar kation (KTK). Kation-kation yang telah dijerap oleh koloid-koloid tersebut sukar tercuci oleh air gravitasi, tetapi dapat diganti oleh kation lain yang terdapat dalam larutan tanah. Hal tersebut dinamakan pertukaran kation. Jenis-jenis kation yang telah disebutkan di atas merupakan kation-kation yang umum ditemukan dalam kompleks jerapan tanah (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Perlakuan Ca-mix memberikan pengaruh nyata terhadap beberapa parameter seperti berat isi, porositas, penetrasi, konduktivitas hidrolik jenuh, kadar air dan kapasitas tukar kation tanah. Pembenah tanah Ca-mix mengandung kation-kation basa yang dapat teradsorpsi dan mendorong granulasi, selain itu juga mampu mengikat unsur hara oleh sebab itu pada parameter kapasitas tukar kation pembenah tanah Ca-mix memberikan pengaruh berupa peningkatan nilai KTK tanah yaitu pada perlakuan Ca-mix dengan dosis 20 t ha^{-1}, mengalami peningkatan sebesar 0,45 dan peningkatan tersebut 84% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi. Parameter kadar air juga mengalami peningkatan pada perlakuan Ca-mix dengan dosis 20 t ha^{-1}, pada pF 0 mengalami kenaikan 0,05 dan 89% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi, pada pF 2 mengalami kenaikan sebesar 0,065 dan 91% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi tanah, pada pF 2,5 mengalami peningkatan sebesar 0,045 dan 90% dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi dan pada pF 4,2 mengalami kenaikan 0,03 dimana 100% peningkatan nilai kadar air dipengaruhi seluruhnya oleh lama waktu inkubasi. Dapat disimpulkan bahwa produk Ca-mix mampu namum belum secara efektif memperbaiki sifat-sifat tanah secara umum.

5.2 Saran

Saran saya semoga kedepannya pihak BPTP Malang bisa melanjutkan penelitian tersebut baik untuk mengetahui efektifitasnya terhadap tanaman maupun untuk memperbaiki dan menambahkan kandungan dalam pembenah tanah Ca-mix sehingga diharapkan kedepannya dapat efektif digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan mampu meningkatkan hasil produktivitas pertanian pada tanah lereng Gunung Kelud.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. et al., 2006. Environmental multifunctionality of Indonesian agriculture. Paddy and Water Environment, 4(4), pp.181–188. Available at: http://link.springer.com/10.1007/s10333-006-0047-5 [Accessed June 2, 2014].

Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk : Edisi 2. Bogor : Balai Penelitian Tanah

Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan Soegiman, Bhrata Karya Aksara, Jakarta.

Budi, Hadi A., Yuswar, Yunus., dan Idkham, M. 2012. Analisis Sifat Fisika Tanah Akibat Lintasan Dan Bajak Traktor roda Empat. Vol (1): Hal. 43-53.

Craswell, E. T. & R. D. B. Lefroy. 2001. The role and function of organic matter in tropical soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 61: 7-18.

Dikti. 1991. Kesuburan Tanah. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.

Hanafiah, Kemas Ali. 2008. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Hardjowigeno, H. Sarwono. 2003. Ilmu Tanah. Grapindo. Jakarta

Intara, Y. I., A. Sapei, Erizal, N. Sembiring, dan M. H. B. Djoefrie. 2011. Pemberian Bahan Organik pada Tanah Liat dan Lempung Berliat terhadap Kemampuan Mengikat Air. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia Vol. 16 (2) : 130 – 135.

LPT (Lembaga Penelitian Tanah). 1979. Penuntun Analisa Fisika Tanah. Lembaga Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian.

Madjid. 2010. Sifat dan Ciri Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Muzani, Ahmad. 2012. Desain Penterometer Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Vol. (-). Institut Pertanian Bogor.

Permentan 70, 2011. Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah.

Rosmarkam dan Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. 2002. Kanisius, Jakarta.

Sastiono, A. dan Suwardi. 1999.Pemanfaatan zeolit alam untuk meningkatkan kesuburan tanah. Disampaikan pada Seminar Pembuatan dan Pemanfaatan Zeolit Agro untuk Meningkatkan Produksi Industri Pertanian, Tanaman Pangan dan Perkebunan. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum. Bandung, 23 Agustus 1999.

Suntoro, H., Widijanto, Sudadi, dan E.E. Sambodo. 2014. Dampak Abu Vulkanik Erupsi Gunung Kelud dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan

Serapan Magnesium Tanaman Jagung di Tanah Alfisol. Sains Tanah – Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi Vol. 11 No. 2 : 69-76.

Schjonning, P., L.J. Munkholm, S. Elmholt, J.E. Olesen (2007). Organik Matter and Soil Tilth in Arable Farming: Management Makes Difference within 5 - 6 Years. Agriculture, Ecosystem and Environment (122): p. 157 - 172.

Soewandita, H. 2008. Studi kesuburan tanah dan analisis kesesuaian lahan untuk komoditas tanaman perkebunan di kabupaten bengkalis. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia,10 (2) : 128-133.

Spangler. M. G. and R. L. Handy. 1982. Soil engineering. 4th Ed. Harper and Row Publ. Harper and Row Publication.

Suntoro W. A., 2003. Perananbahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sutedjo. 2002. Pengantar Ilmu Tanah. Rineka Cipta. Jakarta

Utami, S. N. H. dan S. Handayani. 2003. Sifat Kimia Entisol pada Pertanian Organik. Jurnal Ilmu Pertanian 10: 63-69.

————, C. Agustina, K.S. Wicaksono. B.D. Prasojo, and H. Hanifa. 2017. Utilization of Locally Available Organic Matter to Improve Chemical Properties of Pyroclastic Materials from Mt. Kelud of East Java. Journal Of Degraded And Mining Lands Management Vol. 4, No 2: 717-721.