

**PENGARUH BEBERAPA SIFAT FISIKA DAN KIMIA TANAH
TERHADAP KARAKTERISTIK TANAMAN UBI KAYU (*Manihot
esculenta*)**

oleh
RANGGA PRIMA MUHAMAD



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG

2019

**PENGARUH BEBERAPA SIFAT FISIKA DAN KIMIA TANAH TERHADAP
KARAKTERISTIK TANAMAN UBI KAYU (Manihot esculenta)**

oleh

RANGGA PRIMA MUHAMAD

155040207111083

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Fakultas Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2019

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul “Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah Terhadap Karakteristik Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*)” merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan berada di bawah bimbingan dosen pembimbing. Penulisan 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, November 2019

Rangga Prima Muhamad
155040207111083

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul penelitian : Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah Terhadap Karakteristik Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*)

Nama Mahasiswa : Ranga Prima Muhamad

NIM : 155040207111083

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Managemen Sumberdaya Lahan

Laboratorium : Fisika Tanah

Disetujui

Pembimbing Utama

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

Mengetahui,
a.n Dekan

Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
Ketua Jurusan Tanah



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

Tanggal Persetujuan: 18 OCT 2019



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



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

Penguji II



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

Penguji III



Dr. Ir. Yulia Nuraini. MS
NIP. 196111091985032001

Penguji IV



Nina Dwi Lestari, SP. M.Ling
NIP. 2017098208172001

Tanggal Lulus: 29 NOV 2019

RINGKASAN

RANGGA PRIMA MUHAMAD. 155040207111083. Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah Terhadap Karakteristik Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*). Dibawah bimbingan Wani Hadi Utomo sebagai Pembimbing Utama.

Semakin tingginya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan pangan tiap tahun akan semakin meningkat. Berdasarkan BPS (2019), di tahun 2011 konsumsi beras sebesar 27,34 juta ton/tahun dengan produksi beras sebesar 38,22 juta ton/tahun dan mengalami peningkatan hingga di tahun 2018 konsumsi beras mencapai 29,57 juta ton/tahun dengan produksi beras sebesar 32,42 juta ton/tahun. Produksi beras masih dikatakan surplus, pada tahun 2011 hingga 2017 menurun dari 10,88 juta ton menjadi 2,85 juta ton. Perlu adanya bahan pangan pokok alternatif, salah satunya ubi kayu. Meskipun pada pengelolaan lahan yang sama baik dengan pengolahan lahan dan pemupukan yang sama dihasilkan variasi pertumbuhan tanaman ubi kayu. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang mendalam untuk mengetahui pengaruh beberapa sifat fisik dan kimia tanah dalam mempengaruhi karakteristik tanaman ubi kayu.

Penelitian dilakukan pada bulan Mei hingga Juli 2019 di Kecamatan Kalipare, Kabupaten Malang. Pada penelitian dilakukan pengamatan yaitu variabel bebas (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi, bahan organik, nitrogen total dan kalium-dd) dan variabel terikat (berat umbi, diameter umbi dan panjang umbi). Metode penelitian yang digunakan meliputi kegiatan survey dan analisis laboratorium. Kegiatan survey dilakukan dengan wawancara untuk mengetahui umur tanaman dan pengelolaan yang dilakukan. Kemudian dalam penentuan lokasi sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dengan syarat pengelolaan dan umur tanaman sama. Pengambilan sampel dilakukan pada 4 arah sekitar tanaman ubi kayu. Hasil ubi kayu dilakukan pembagian kategori menggunakan analisis deskriptif dengan pembagian 5 kategori umbi yaitu kategori baik, agak baik, sedang, agak buruk dan buruk. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0 – 10 cm dan 10-20 cm dan dianalisis laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah dari sampel. Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Dari hasil analisis ragam jika terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Kemudian dilakukan analisis korelasi untuk melihat hubungan antar parameter dan dilakukan analisis regresi berganda untuk mendapatkan persamaan dalam membuat model prediksi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

Berdasarkan hasil penelitian, pada kategori baik memiliki berat umbi diatas 7,63 kg/pohon dengan diameter diatas 28,10 dan panjang umbi diatas 40,25 cm. Kemudian pada kategori umbi agak baik memiliki berat umbi 7,63 – 6,18 kg/pohon dengan diameter 28,10 – 23,50 cm dan panjang umbi 40,25 – 34,42 cm.

Lalu pada kategori umbi sedang memiliki berat 6,18 – 4,74 kg/pohon dengan diameter umbi 23,50 – 18,90 cm dan panjang umbi 34,42 – 28,58 cm. Berikutnya pada kategori agak buruk memiliki berat umbi 4,74 – 3,29 kg/pohon dengan diameter umbi 18,90 – 14,30 cm dan panjang umbi 28,58 – 22,75 cm dan pada kategori buruk memiliki berat umbi dibawah 3,29 kg/pohon dengan diameter umbi dibawah 14,30 cm dan panjang umbi dibawah 22,75 cm. Pada model regresi berganda, variabel berat umbi dengan variabel berat isi (X_1), DMR basah (X_2), ketahanan penetrasi (X_3) dan bahan organik (X_4) didapatkan model berat umbi = $52,204 \text{ kg} - 40,180 X_1 - 0,658 X_2 - 0,164 X_3 + 0,453 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2=0,88$). Kemudian pada panjang umbi dengan variabel berat isi (X_1), ketahanan penetrasi (X_2), dan bahan organik (X_3) didapatkan model regresi berganda yaitu panjang umbi = $82,902 \text{ cm} - 42,960 X_1 - 5,013 X_2 + 2,455 X_3$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,30$) dan pada diameter umbi variabel berat isi (X_1), DMR basah (X_2), ketahanan penetrasi (X_3) dan bahan organik (X_4) didapatkan model regresi berganda diameter umbi = $131,683 \text{ cm} - 99,857 X_1 - 2,304 X_2 - 0,222 X_3 + 3,315 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,85$).



SUMMARY

RANGGA PRIMA MUHAMAD. 155040207111083. Effect of Some Physicss and Chemical Soil Properties on Characteristics of Cassava Plants (*Manihot esculenta*). Supervised by Wani Hadi Utomo.

The higher population growth, the need for food every year will increase. Based on BPS (2019), in 2011 rice consumption amounted to 27,34 million tons/year with rice production of 38,22 million tons/year and experienced an increase until in 2018 rice consumption reached 29,57 million tons/year with rice production amounting to 32,42 million tons/year. Rice production is still said to be a surplus, from 2011 to 2017 it declined from 10,88 million tons to 2,85 million tons. An alternative staple food is needed, one of them is cassava. Although on the same land management with the same land treatment and fertilization produced variations in the growth of cassava plants. Therefore, in-depth research needs to be done to determine the effect of some physical and chemical properties of the soil in influencing the characteristics of cassava plants.

The study was conducted in May to July 2019 in Kalipare District, Malang Regency. In this study, observations were made: independent variables (bulk density, dry DMR, wet DMR, penetration resistance, organic matter, total nitrogen and potassium-dd) and dependent variables (tuber weight, tuber diameter and tuber length). The research method used includes survey activities and laboratory analysis. Survey activities were carried out with interviews to determine the age of the plants and the management carried out. Then, in determining the location of the sample by purposive sampling technique with the same management requirements and plant age. Sampling was carried out in 4 directions around cassava plants. The results of cassava are divided into categories using descriptive analysis with 5 categories divided into the good, rather good, moderate, rather bad and bad categories. Soil samples are taken at depths of 10-10 cm and 10-20 cm and analyzed by the laboratory to determine the physical and chemical properties of the soil. The data obtained were analyzed for variance to determine the effect of the independent variables on the dependent variable. From the results of the analysis of variance, if there is an influence then proceed with the DMRT test (Duncan's Multiple Range Test). Then, correlation analysis is performed to see the relationship between parameters and multiple regression analysis is done to get an equation in making a prediction model of the influence of independent variables on the dependent variable.

Based on the results of the study, the good category has a tuber weight above 7,63 kg/tree with a diameter above 28,10 cm and a tuber length above 40,25 cm. In rather good tuber category it has tuber weight of 7,63 – 6,18 kg/tree with a diameter of 28,10 – 23,50 cm and a tuber length of 40,25 – 34,42 cm. Then, in the medium tuber category it has a weight of 6,18 – 4,74 kg/tree with a tuber diameter of 23,50 – 18,90 cm and a tuber length of 34,42 – 28,58 cm. Next, in the rather bad category has a tuber weight of 4,74 – 3,29 kg/tree with a tuber diameter of 18,90 – 14,30 cm and a tuber length of 28,58 – 22,75 cm and in the bad category has a tuber weight below 3,29 kg/tree with a tuber diameter below 14,30 cm and a

tuber length below 22,75 cm. In the multiple regression model, tuber weight variable with variable bulk density (X_1), wet DMR (X_2), penetration resistance (X_3) and organic matter (X_4) obtained tuber weight models = $52,204 \text{ kg} - 40.180 X_1 - 0,658 X_2 - 0,164 X_3 + 0,453 X_4$ with a coefficient of regression ($R^2 = 0,88$). Then, in the length of the tubers with variable bulk density (X_1), penetration resistance (X_2), and organic matter (X_3) obtained a multiple regression model that is the tuber length = $82,902 \text{ cm} - 42,960 X_1 - 5,013 X_2 + 2,455 X_3$ with coefficient of regression ($R^2 = 0,30$) and the diameter of the tuber weight with variable bulk density (X_1), wet DMR (X_2), penetration resistance (X_3) and organic matter (X_4) obtained by multiple regression models tuber diameter = $131,683 \text{ cm} - 99,857 X_1 - 2,304 X_2 - 0,222 X_3 + 3,315 X_4$ with the coefficient of regression ($R^2 = 0,85$).



KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah Terhadap Karakteristik Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*)”. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Kakak dan Adik tersayang yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan material dalam pengerjaan skripsi ini.
2. Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph. D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberi saran dalam pembuatan skripsi ini, serta memberikan dukungan atas persetujuan skripsi ini.
3. Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph. D. selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Rekan – rekan mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, khususnya, Fitriana dalam menemani mengerjakan skripsi, Anti Hehe, Anak kontrakan Bodat’s dan seluruh mahasiswa jurusan tanah yang senantiasa membantu dan memberikan dukungan moril serta saran dalam penyusunan pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan dari skripsi ini.

Malang, November 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Depok pada tanggal 29 April 1996 sebagai putra kedua dari tiga bersaudara dalam Keluarga Bapak Moehammad Sidik dan Ibu Rochmaddayani M.P. Penulis menempuh jenjang pendidikan dimulai dengan memasuki taman kanak-kanak di TK. Insan Madani pada tahun 2000 dan TK.

Aisyiyah Bustanul Athfal 4 pada tahun 2001, dilanjutkan pendidikan dasar di SDN Beji 1 Depok pada tahun 2002-2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 5 Depok pada tahun 2009-2012. Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 3 Depok pada tahun 2012-2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SPMK (Seleksi Program Minat dan Kemampuan). Tahun 2017, penulis mengambil peminatan Manajemen Sumberdaya Lahan, Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selain menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif mengikuti organisasi Mahasiswa Wirausaha sebagai anggota departemen Research and Development. Selain organisasi, beberapa kepanitiaan juga pernah diikuti oleh penulis diantaranya GALIFU (Geomorfologi Analisis Lahan dan Interpretasi Foto Udara) pada tahun 2018 sebagai Surveyor, SLASH (Soil Launch Anniversary of HMIT) pada tahun 2018 sebagai salah satu anggota Divisi Kesehatan, GATRAKSI pada tahun 2018 sebagai salah satu anggota Divisi Transkoper.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	1
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	v
RIWAYAT HIDUP	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Alur Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta</i>)	5
2.2 Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu	6
2.3 Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu	8
2.4 Pengaruh Sifat Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu	10
III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian	12
3.4 Parameter Pengamatan	13
3.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	13
3.6 Analisis Data	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Kondisi Umum Wilayah	20
4.2 Karakteristik Umbi Kayu	20
4.3 Perbedaan Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah	21
4.4 Hubungan Antar Variabel Pengamatan	27
4.5 Pengaruh Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Berat Umbi	29
4.6 Pengaruh Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Panjang Umbi	30
4.7 Pengaruh Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Diameter Umbi	31
4.8 Pembahasan Umum	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	40



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Hal
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Citra Google Earth Lokasi Pengamatan.....	14
3.	Titik Pengamatan Sampel	14
4.	Berat Isi Pada Berbagai Kategori Umbi.....	21
5.	DMR Kering Pada Berbagai Kategori Umbi.....	22
6.	DMR Basah Pada Berbagai Kategori Umbi.....	23
7.	Ketahanan Penetrasi Pada Berbagai Kategori Umbi.....	24
8.	Bahan Organik Pada Berbagai Kategori Umbi.....	25
9.	Nitrogen Total Pada Berbagai Kategori Umbi.....	26
10.	Kalium-Dd Pada Berbagai Kategori Umbi.....	27



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Hal
1.	Parameter Pengamatan.....	13
2.	Hasil Wawancara Lahan Pengamatan.....	20
3.	Karakteristik umbi (berat, diameter dan panjang umbi)	20
4.	Korelasi berat isi dengan karakteristik umbi.....	28
5.	Korelasi bahan organik dengan karakteristik umbi.....	29



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Hal
1.	Anova pada Variabel Pengamatan	40
2.	Tabel Korelasi	45
3.	Regresi Berganda Linier Sifat Tanah terhadap Berat Umbi	46
4.	Regresi Berganda Linier Sifat Tanah terhadap Panjang Umbi	47
5.	Regresi Berganda Linier Sifat Tanah terhadap Diameter Umbi	48
6.	Hasil Analisis Berat isi tanah di Berbagai Kategori	49
7.	Hasil Analisis DMR kering di Berbagai Kategori	49
8.	Hasil Analisis DMR basah di Berbagai Kategori	49
9.	Hasil Analisis Ketahanan penetrasi di Berbagai Kategori	49
10.	Hasil Analisis Bahan organik di Berbagai Kategori	50
11.	Hasil Analisis Nitrogen total di Berbagai Kategori	50
12.	Hasil Analisis Kalium-dd di Berbagai Kategori	50
13.	Dokumentasi Penelitian	51



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, sebagian besar masyarakat masih mengkonsumsi nasi sebagai makanan pokok. Semakin tingginya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan akan panganan pokok tiap tahun akan semakin meningkat. Berdasarkan BPS (2019), di tahun 2011 konsumsi beras sebesar 27,34 juta ton/tahun dengan jumlah produksi beras sebesar 38,22 juta ton/tahun dan mengalami peningkatan hingga pada tahun 2018 konsumsi beras mencapai 29,57 juta ton/tahun dengan jumlah produksi beras sebesar 32,42 juta ton/tahun. Produksi beras dapat dikatakan surplus namun dengan jumlah yang tidak terlalu besar, pada tahun 2011 memiliki surplus sebesar 10,88 juta ton sedangkan pada 2017 memiliki surplus sebesar 2,85 juta ton yang dimana hanya cukup untuk cadangan pada 1 bulan kedepan. Dengan semakin meningkatnya konsumsi akan beras dan semakin sedikitnya cadangan akan beras, perlu adanya bahan pangan pokok alternatif yang berpotensi dalam mencukupi kebutuhan masyarakat salah satunya ubi kayu.

Ubi kayu atau singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu sumber bahan pangan yang potensial. Komoditas ini menempati urutan ketiga setelah padi dan jagung di Indonesia sebagai bahan pangan pokok. Di Indonesia pemanfaatan ubi kayu selain diversifikasi pemenuhan karbohidrat, ubi kayu juga dimanfaatkan sebagai keperluan pangan dan bahan baku industri dalam bentuk gaplek, tapioka dan bahan baku industri lainnya. Pada pemenuhan kebutuhan karbohidrat, ubi kayu masih dianggap sebagai usaha sampingan sehingga pengembangannya belum intensif. Peranan ubi kayu dalam perekonomian nasional terus menurun karena dianggap bukan komoditas utama sehingga kurang mendapat dukungan investasi baik dari sisi penelitian dan pengembangan, penyuluhan, pengadaan sarana dan prasarana, serta dalam pengaturan dan pelayanan. Akibatnya luas areal panen terus berkurang dan produktivitas tidak meningkat secara nyata.

Ubi kayu merupakan tanaman yang dapat tumbuh di lingkungan tanah dan iklim marjinal. Pada kisaran pH 4,5-7,0 tanaman ubikayu dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Dibanding tanaman lain, ubikayu juga lebih toleran terhadap kejenuhan Al hingga 70-80% (Howeler, 2002). Ubi kayu juga termasuk tanaman yang mempunyai tingkat toleransi yang tinggi terhadap kekeringan, kemasaman tanah dan ketersediaan hara yang kurang optimal. Meskipun memiliki

toleran yang tinggi, pertumbuhannya masih ubi kayu masih belum terlalu maksimal dan membutuhkan unsur hara N, P dan K dalam jumlah banyak. Berdasarkan penelitian Howeler (2002), pada 110,6 ton/ha ubi kayu yang dipanen mengangkut unsur hara sebesar 124 kg N; 45,4 kg P; 487 kg K. Sehingga dalam mencapai hasil yang optimal perlu dilakukan pemupukan yang sesuai untuk mengembalikan unsur hara yang terangkut.

Provinsi Jawa Timur merupakan penyumbang ke tiga produksi nasional setelah provinsi Lampung dan Jawa Tengah. Di Kabupaten Malang, khususnya pada Kecamatan Kalipare berdasarkan data BPS Kabupaten Malang (2018) pada tahun 2013-2018 luas panen ubi kayu pada tahun 2013 dari 2.700 ha menurun menjadi 1.520 ha pada tahun 2015 dan kembali meningkat pada tahun 2017 menjadi 2.910 ha, namun meskipun luas panen ubi kayu kembali meningkat bahkan melebihi dari luas lahan sebelumnya, tidak begitu dengan tingkat produktivitasnya, terdapat penurunan produktivitas dari 39,18 ton/ha (2013) menjadi 25,82 ton/ha (2017). Hasil tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan potensi hasil beberapa varietas unggul yang dapat mencapai 30-40 ton/ha dan produktivitas ubi kayu dengan teknologi terapan yang maju dapat mencapai 60 ton/ha (Radjit *et al.*, 2014).

Pada skala yang lebih kecil yaitu pada satu lahan dengan luasan lahan yang tidak terlalu luas yang dimiliki seorang petani, pertumbuhan tanaman ubi kayu terdapat keragaman dari yang pertumbuhannya buruk hingga baik. Padahal dalam segi pengelolaan lahan baik dari pengolahan tanah maupun pemupukan pada setiap tanaman di lahan yang sama diperlakukan sama dengan yang lain, namun dalam pertumbuhannya terdapat keragaman. Pengolahan tanah ditujukan agar tanah menjadi gembur sehingga pertumbuhan akar dan umbi berkembang dengan baik (Priyono *et al.*, 2015). Tanah yang gembur juga merupakan hasil perombakan dari bahan organik yang selain itu juga memperbaiki aerasi tanah, struktur tanah, berat volume dan total porositas tanah yang selanjutnya ketersediaan hara menjadi lebih baik (Hasibuan, 2015). Berdasarkan penelitian Prasetyo *et al.* (2014) terdapat hubungan antara berat isi tanah dengan akar umbi, semakin rendah berat isi tanah maka akan mampu meningkatkan total panjang akar umbi. Namun dengan pengolahan lahan yang seragam pada tiap tanaman, seharusnya menghasilkan tanaman yang seragam juga tetapi pada kenyataannya ubi kayu yang dihasilkan

masih beragam. Keberagaman hasil tersebut salah satunya karena adanya perbedaan sifat tanah di lahan tersebut. Saat ini penelitian mengenai pengaruh sifat tanah dalam mempengaruhi karakteristik tanaman ubi kayu masih belum banyak dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian yang mendalam untuk mengetahui pengaruh sifat tanah dalam mempengaruhi karakteristik tanaman ubi kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh dari beberapa sifat fisika (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi) dan kimia tanah (bahan organik, nitrogen total, kalium-dd) tanah terhadap tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari beberapa sifat fisika (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi) dan kimia tanah (bahan organik, nitrogen total, kalium-dd) terhadap karakteristik tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu beberapa sifat fisika (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi) dan kimia tanah (bahan organik, nitrogen total, kalium-dd) dapat mempengaruhi karakteristik tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*).

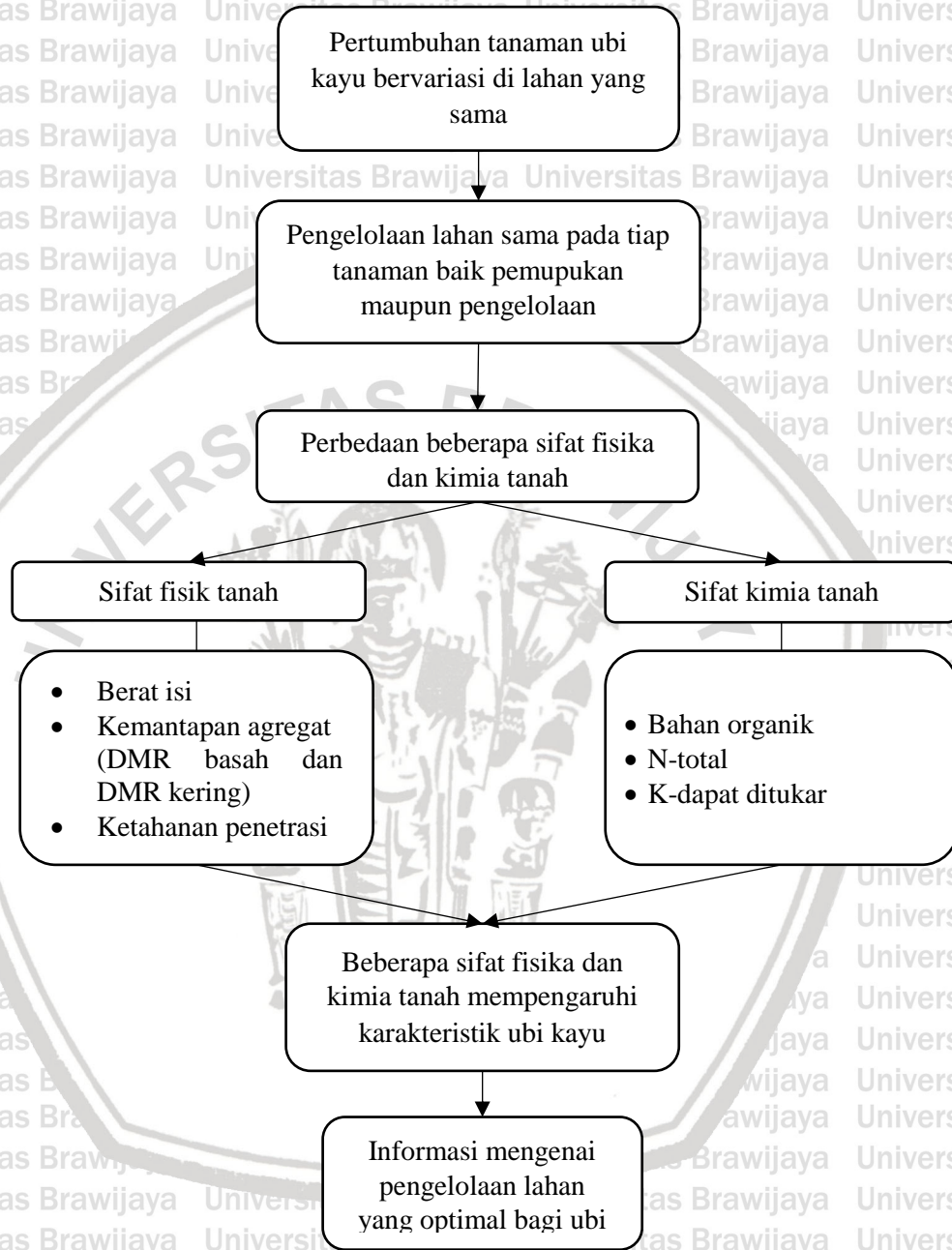
1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengelolaan lahan yang optimal pada ubi kayu dari segi beberapa sifat fisika dan kimia tanah yang dapat mempengaruhi karakteristik tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*) sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam kegiatan budidaya ubi kayu (*Manihot esculenta*).

1.6 Alur Pikir

Pertumbuhan tanaman ubi kayu dari lahan yang sama dengan pemupukan dan perawatan yang sama memiliki keragaman dalam hasil ubi kayu. Keragaman hasil ubi kayu akibat adanya pengaruh beberapa sifat tanah yaitu sifat fisika tanah dan kimia tanah. Beberapa sifat tanah yang akan diamati pada sifat fisik tanah yaitu berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi dan pada sifat kimia tanah

yaitu bahan organik, nitrogen total dan kalium-dd (Gambar 1). Dengan mengetahui pengaruh dari sifat fisika dan kimia tanah, dapat menjadikan informasi dalam pengelolaan lahan ubi kayu yang optimal.



Gambar 1. Alur pikir penelitian pengaruh beberapa sifat fisik dan kimia tanah terhadap karakteristik tanaman ubi kayu

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Kayu (*Manihot esculenta*)

Tanaman ubi kayu dapat tumbuh optimal pada ketinggian tempat 10 – 400 mdpl, dengan curah hujan 760 – 1.015 mm, suhu udara 18° – 35°C, kelembaban udara 60-65%, lama penyinaran matahari 10 jam/hari. Ubi kayu biasa di tanam pada lahan kering beriklim kering dan lahan kering beriklim basah. Pada lahan kering beriklim kering, ubi kayu umumnya ditanam pada awal musim hujan (bulan Oktober – Desember), sedangkan pada wilayah beriklim basah ubi kayu dapat ditanam setiap saat tergantung distribusi curah hujan. (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 2016).

Ubi kayu dapat tumbuh di berbagai jenis tanah. Sebagian besar pertanaman ubi kayu terdapat di daerah dengan jenis tanah Ultisol, Oxisol, Alfisol, Entisol, Inceptisol. Derajat keasaman (pH) tanah yang sesuai untuk budidaya ubi kayu berkisar antara 4,5 - 8,0 dengan pH ideal 5,8. Pada umumnya tanah di Indonesia ber-pH rendah (asam), yaitu berkisar 4,0 - 5,5 sehingga seringkali dikatakan cukup netral bagi suburnya ubi kayu (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 2016).

Ubi kayu sangat beradaptasi terhadap tanah yang miskin atau tanah yang terdegradasi karena memiliki toleransi terhadap pH yang tinggi, kemampuan tinggi tanah terhadap pertukaran aluminium (Al), dan konsentrasi akan fosfor (P) di tanah (Howeler, 2002). Berdasarkan penelitian Howeler (1991) bahwa pada ubi kayu dan kacang tunggak dapat lebih toleran akan asam tanah dengan tingkat pertukaran aluminium yang tinggi dan tidak terlalu sensitif terhadap aplikasi kapur dibandingkan dengan kacang pada umumnya, beras, gandum serta jagung dan sorgum (*Sorghum vulgare*).

Secara teknis, teknologi budidaya ubi kayu dapat dirinci dengan 7 komponen teknologi yaitu: penyiapan lahan, pemilihan varietas, pengaturan jarak tanam, pemupukan, pengendalian OPT, pengairan serta panen. Dalam penyiapan lahan sangat ditentukan oleh jenis tanah, fisika tanah (tekstur, struktur, daya simpan air, jeluk mempan (*effective depth*)). Sifat kimia tanah (pH, status hara, kadar bahan organik, senyawa beracun), dan kesuburan tanah. Penyiapan lahan dapat dilakukan dengan membentuk bedengan (lebar 2-4 m) ataupun membuat guludan dengan lebar 60-100 cm dan tinggi 30-50 cm. Lalu dalam pemilihan varietas, di Indonesia

memiliki cukup banyak varietas atau klon ubi kayu yang memiliki produktivitas tinggi baik yang bersifat formal (memiliki SK menteri sebagai pelepasan varietas) maupun varietas unggul yang bersifat lokal yang belum memiliki SK Menteri pelepasan seperti varietas Faroka, Sembung, Manggu, Pandemir, Cecekijo, Gajah dan sebagainya (Sudaryono, 2017).

2.2 Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu

Sifat fisik tanah merupakan unsur lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap tersedianya air, udara tanah, dan secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara tanaman. Sifat ini juga mempengaruhi potensi tanah untuk berproduksi secara maksimal. Menurut Rosyidah dan Wirosoedarmo (2013), sifat fisik tanah yang perlu diperhatikan adalah terjadinya masalah degradasi struktur tanah akibat fungsi pengelolaan. Berikut merupakan komponen sifat fisik tanah:

2.2.1 Berat Isi

Berat isi (BI) atau *Bulk Density* (BD) adalah suatu perbandingan antara massa padatan tanah dengan volume tanah, digunakan untuk mencirikan tanah, karena nilai perbandingan ini cukup stabil untuk jangka waktu yang lama dan biasanya dinyatakan dalam g/cm^3 (Priyono dan Kusuma, 2012). Nilai berat isi tanah sangat bervariasi antara satu titik dengan titik lainnya karena perbedaan kandungan bahan organik, tekstur tanah, kedalaman tanah, jenis fauna tanah, dan kadar air tanah (Agus *et al.*, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian Prasetyo *et al.* (2014) mengatakan pemberian kompos 10 ton ha⁻¹ memberikan penurunan berat isi sebesar 9,82% yaitu dengan nilai berat isi sebesar 1,12 g cm⁻³. Nilai tersebut merupakan nilai yang terendah dibandingkan dengan pemberian pupuk organik lainnya (pupuk kandang dan blotong). Semakin rendahnya berat isi maka akan membuat tanah semakin gembur.

Tanaman ubi kayu memerlukan struktur tanah yang gembur untuk pembentukan dan perkembangan umbi di dalam tanah agar dapat berjalan dengan baik.

Pengelolaan lahan seperti pengolahan tanah serta pemupukan dapat meningkatkan porositas tanah serta meningkatkan kemantapan agregat tanah melalui mekanisme pengikatan partikel tanah oleh bahan organik sehingga dapat menurunkan nilai berat isi tanah dimana dalam penurunan berat isi tanah juga diakibatkan adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah (Pramudita, 2014).

2.2.2 Kemantapan Agregat

Kemantapan agregat tanah dapat didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk bertaahan terhadap gaya-gaya yang merusaknya. Gaya-gaya tersebut dapat berupa kikisan angin, pukulan hujan, daya urai air pengiran dan beban pengolahan tanah. Agregat tanah yang mantap akan mempertahankan sifat-sifat tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman, seperti porositas dan ketersediaan air lebih lama dibandingkan dengan agregat tanah tidak mantap (Rachman dan Abdurachman, 2006).

Kemantapan agregat sangat penting bagi tanah pertanian dan perkebunan. Agregat yang stabil akan menciptakan kondisi yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Agregat dapat menciptakan lingkungan fisik yang baik untuk perkembangan akar tanaman melalui pengaruhnya terhadap porositas, aerasi dan daya menahan air. Pada tanah yang agregatnya kurang stabil, bila terkena gangguan maka agregat tanah tersebut akan mudah hancur sehingga menghambat pori-pori tanah sehingga meningkatkan bobot isi tanah (Santi *et al.*, 2008).

2.2.3 Ketahanan Penetrasi

Penetrasi tanah adalah daya yang dibutuhkan oleh sebuah benda untuk masuk ke dalam tanah. 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 serta retakan-retakan yang ada di dalam tanah, kandungan bahan organik dan kelembapan tanah (Kurnia *et al.*, 2006).

Ketahanan penetrasi tanah juga menggambarkan kepadatan dan ketahanan suatu tanah. Pemadatan atau ketahanan tanah dapat menjadi masalah akibat terhambatnya pertumbuhan akar tanaman sehingga dapat berpengaruh pada menurunnya produksi tanaman. Ketahanan penetrasi tanah dipengaruhi beberapa sifat tanah seperti kadar air, kandungan bahan organik, dan bobot isi tanah (Whalley *et al.*, 2007). Suatu tanah yang kompak dan kering akan mempunyai ketahanan penetrasi tinggi yang dapat mengakibatkan berkurangnya air infiltrasi yang masuk ke dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan potensi aliran permukaan dan kejadian erosi. Selain itu dapat mempengaruhi proses perkecambahan tanaman karena tanah yang keras memicu timbulnya stress air. Kondisi demikian

menyebabkan terganggunya stabilitas produktivitas tanaman (Yustika dan Muchtar, 2015).

2.3 Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu

Sifat kimia tanah merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan peristiwa yang bersifat kimia dan terjadi didalam maupun diatas permukaan tanah sehingga dapat menentukan sifat dan ciri tanah yang terbentuk. Berikut merupakan beberapa sifat kimia tanah:

2.3.1 Bahan Organik

Bahan organik adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi. Pengaruh bahan organik terhadap tanah dan kemudian terhadap tanaman tergantung pada lajut porses dekomposisinya. Secara umum faktor yang mempengaruhi laju dekomposisi meliputi faktor bahan organik dan faktor tanah. Faktor bahan organik meliputi komposisi kimiawi, nisbah C/N, kadar lignin dan ukuran bahan sedangkan faktor tanah meliputi temperature, kelembaban, tekstur, struktur dan sulpai oksigen serta reaksi tanah, ketersediaan unsur hara terutama N, P, K dan S

Bahan organik tanah memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tanah karena mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah serta untuk memastikan keamanan dalam memproduksi makanan (Xiao, 2015). Berdasarkan penelitian Widodo *et al.* (2018), pemanenan tanpa dilakukan pengembalian bahan organik atau pemberian pupuk tidak sebanding dengan yang terangkut tiap periode panen. Hal demikian jika dilakukan terus menerus akan semakin menguruskan taraf kesuburan tanah, namun yang sering dipersalahkan yaitu komoditas yang ditanam yaitu ubi kayu sebagai penyusun utama pola tanam dilahan kering yang dianggap sebagai penguras hara yang menimbulkan tanah menjadi kurus dan tidak subur.

2.3.2 Nitrogen Total (N)

Nitrogen merupakan unsur hara yang esensial yang dibutuhkan dalam jumlah banyak yang dapat berfungsi sebagai penyusun protein dan enzim. Nitrogen merupakan unsur hara esensial yang bersifat sangat *mobile*, baik didalam tanaman maupun didalam tanaman.

Tingginya N-total disebabkan oleh adanya bahan organik yang memberikan pengaruh ke dalam tanah, hal ini mengidentifikasikan bahwa telah terjadi pelepasan

hara di proses dekomposisi bahan organik ke dalam tanah sebagai stimulant bertambahnya N dalam tanah. Degradasi bahan organik yang terjadi pada perkebunan sangat berpengaruh terhadap ketersediaan N-total dalam tanah (Bahrami *et al.*, 2010). Hasil perombakan bahan organik menjadi nitrat sangat mudah tercuci dan menguap sehingga sedikit ditemukan dalam tanah. Nitrogen merupakan komponen dasar dari protein, klorofil, enzim, hormone dan vitamin. Ini juga merupakan unsur dari *cyanogenic glycoside* dan *lotaustrajin* yang akan memproduksi HCN jika sel mengalami kerusakan. HCN komponen yang beracun baik dari daun, akar dan batang singkong sehingga harus dihilangkan sebelum dikonsumsi (Howeler, 2014).

Berdasarkan penelitian Howeler (1991) tanaman ubi kayu dengan produksi 35,7 ton ha⁻¹ mengalami pengangkutan unsur N sebesar 55 kg ha⁻¹ dimana jika dibandingkan dengan tanaman lain tidak berbeda jauh dibanding sepuluh tanaman lainnya dalam penelitian. Pada hasil penelitian lain Putthacharoen *et al.* (1998), pada 11 ton ha⁻¹ mengalami pengangkutan unsur hara 193,1 kg ha⁻¹ yang tidak jauh berbeda juga dibandingkan dengan tanaman lain seperti gandum, sorgum, kacang hijau serta nanas.

2.3.3 Kalium (K)

Kalium merupakan unsur hara ketiga setelah nitrogen dan fosfor yang diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K⁺. Muatan positif dari kalium akan menetralkan muatan listrik yang disebabkan oleh muatan negatif Nitrat, Fosfat atau unsur lainnya. Kadar unsur K dalam larutan tanah merupakan hasil keseimbangan antara suplai dari hasil pelarutan mineral-mineral K. Tertukarnya K dari permukaan koloid tanah dan K hasil mineralisasi bahan organik / pupuk dengan kehilangan akibat adanya serapan tanaman (Subandi, 2011). Pemberian K yang cukup pada tanaman ubi kayu, selain meningkatkan bobot umbi juga memperbaiki kadar pati dan menurunkan kandungan HCN dalam umbi (Howeler, 2014). Kecukupan hara K sangat menentukan pertumbuhan tanaman serta kuantitas dan kualitas hasil ubi kayu, sebab K terlibat dalam berbagi proses fisiologi diantaranya pertumbuhan sel, pembukaan stomata, pembentukan dan translokasi karbohidrat, pembentukan protein, dan senyawa fenol yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Subandi, 2011).

Berdasarkan penelitian Howeler (1991), tanaman ubi kayu dengan produksi 35,7 ton ha⁻¹ mengalami pengangkutan unsur K sebesar 112 kg ha⁻¹ dimana jika dibandingkan dengan tanaman lain merupakan tanaman yang paling besar dalam pengambilan unsur K jika dibandingkan sepuluh tanaman lainnya dalam penelitian. Namun pada hasil penelitian Putthacharoen *et al.* (1998) pada 11 ton ha⁻¹ mengalami pengangkutan unsur hara 136,8 kg ha⁻¹ yang tidak jauh berbeda juga dibandingkan dengan tanaman lain seperti gandum, sorgum, kacang hijau serta nanas.

2.4 Pengaruh Sifat Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Ubi Kayu

Pertumbuhan tanaman tidak hanya tergantung pada persediaan unsur hara yang cukup dan seimbang tetapi juga harus ditunjang oleh keadaan fisik tanah yang baik. Sifat fisik tanah berpengaruh langsung terhadap zona perakaran, air dan udara tanah, yang kemudian mempengaruhi aspek-aspek biologi dan kimia tanah. Sifat fisik tanah atau media pertumbuhan memberikan efek langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman, akar, air, oksigen, suhu, dan juga sifat fisik dapat mengontrol pertumbuhan tanaman. Pada penelitian Udom *et al.* (2015) berat isi terendah pada lahan ubi kayu menunjukkan bahwa terjadi peningkatan bahan organik dari ubi kayu tersebut, terutama pada tanah bagian atas. Bahan organik dapat mempengaruhi sifat fisik tanah seperti peningkatan porositas. Sifat fisik tanah memiliki peran penting dalam menentukan kesesuaian tanah untuk pertanian dan lingkungan. Sifat fisik tanah dapat mendukung dalam kemampuan retensi dan ketersediaan air, nutrisi untuk tanaman, kemampuan penetrasi akar (Phogat *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian Prasetyo *et al.* (2014) dengan perbaikan sifat fisik tanah akibat pemberian pupuk organik ditunjukkan dengan adanya penurunan berat isi tanah dan peningkatan porositas tanah. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh sifat fisik tanah terhadap hasil ubi kayu secara tidak langsung namun dengan perbaikan tanah akan berpengaruh terhadap peningkatan kepadatan perakaran (total panjang akar). Berdasarkan hasil analisis regresi juga terlihat bahwa total panjang akar mengalami peningkatan dengan penurunan nilai berat isi tanah dengan nilai $r = 0.767$. Kemudian pada penelitian Tumewu *et al.* (2015) hasil umbi terbaik diperoleh pada pemupukan bokashi 20 ton ha⁻¹ yang tidak berbeda nyata dengan pemberian NPK 250 kg ha⁻¹. Dalam pembentukan umbi, tanaman ubi kayu sangat

memerlukan hara P dan K yang cukup tinggi, serapan hara P dan K yang cukup oleh tanaman selain meningkatkan bobot umbi juga meningkat kadar pati dan penurunan kandungan HCN dalam umbi. Tanaman yang kekurangan hara P, selain mengganggu metabolisme dalam tanaman juga sangat menghambat serapan hara lain termasuk hara K serta sangat menghambat proses pembentukan dan pembesaran umbi (Howeler, 1985).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2019.

Tempat penelitian dilakukan di Kecamatan Kalipare, Kabupaten Malang. Untuk analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Jurusan Tanah,

Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain untuk penentuan lokasi menggunakan *Global Positioning System* (GPS), untuk pengambilan sampel tanah utuh yaitu dengan *ring sampel* paralon, *ring master* paralon, sekop. Untuk sampel tanah agregat dan sampel tanah terganggu dengan cangkul dan plastik tebal. Untuk ketahanan penetrasi menggunakan *penetrometer* merk *Daiki*, untuk pengukuran bahan organik menggunakan alat yaitu pipet, tabung erlenmeyer. Untuk pengukuran kandungan kimia (C-organik, N-Total, K-dd) menggunakan alat yang digunakan dalam laboratorium. Untuk penentuan karakteristik umbi menggunakan timbangan dan meteran.

Bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain untuk pengukuran berat isi, kemantapan agregat dan ketahanan penetrasi menggunakan sampel tanah utuh dan terganggu, untuk pengukuran bahan organik menggunakan H_2SO_4 pekat, $FeSO_4$, $K_2Cr_2O_7$, untuk kadar air menggunakan sampel tanah terganggu, untuk pengukuran N-Total menggunakan H_2SO_4 pekat, H_2O , $NaOH$ 40%, untuk pengukuran K-dapat ditukar menggunakan NH_4OAc 1 N pH 7. Bahan untuk penentuan karakteristik umbi menggunakan ubi kayu.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan meliputi kegiatan survey dan analisis laboratorium. Kegiatan survey dilakukan dengan wawancara untuk mengetahui penanaman dan pemeliharaan yang dilakukan. Kemudian dalam penentuan lokasi sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yang didasari dengan umur tanaman yang sama dan pengelolaan yang sama di lahan yang sama. Kemudian dalam pengambilan sampel dilakukan pada 4 arah pengambilan sekitar tanaman ubi kayu. Hasil ubi kayu pada tiap sampel dilakukan pembagian kategori dengan 5 kategori umbi yaitu kategori baik, agak baik, sedang, agak buruk dan buruk dengan

tiap kategori dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Contoh sampel tanah baik utuh maupun terganggu diambil pada semua titik di lapangan pada kedalaman 0 – 10 cm dan 10-20 cm. Hasil sampel tanah kemudian dapat dianalisis laboratorium untuk sifat fisik tanah dan kimia tanah dari sampel. Data yang diperoleh dilakukan analisis uji anova untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi, bahan organik, nitrogen total, kalium-dd) terhadap variabel terikat (berat umbi, panjang umbi dan diameter umbi) apakah berpengaruh signifikan atau tidak. Dari hasil uji anova kemudian jika terdapat pengaruh yang signifikan maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Kemudian dilakukan analisis korelasi untuk melihat hubungan antar parameter dan dilakukan analisis regresi berganda untuk mendapatkan persamaan dalam membuat model prediksi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

3.4 Parameter Pengamatan

Sampel tanah yang diambil pada tiap lahan kemudian dilakukan pengamatan berdasarkan parameter pengamatan penelitian. Pada objek pengamatan tanah, seluruh variabel merupakan variabel terikat dan pada objek pengamatan umbi, variabel merupakan variabel bebas (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter pengamatan

Objek Pengamatan	Variabel	Satuan	Metode Analisa
Tanah	Berat isi	g cm ⁻³	Silinder
	Kemantapan agregat (Kering)	DMR	Ayakan kering
	Kemantapan agregat (Basah)	DMR	Ayakan basah
	Ketahanan penetrasi	Mpa	<i>Dynamic Cone Penetrometer</i>
	Bahan organik	%	Walkley&Black
	N-Total	%	Kjeldahl
	K-dd	me 100g ⁻¹	<i>Flamephotometer</i>
Umbi	Berat	G	Destruktif
	Panjang	Cm	Destruktif
	Diameter	Cm	Destruktif

3.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pelaksanaan antara lain: (1) penentuan lokasi pengamatan (2) penentuan titik sampel (3) pengambilan sampel tanah (4) penimbangan berat, panjang dan diameter ubi kayu (5) analisa laboratorium, dan (6) analisa data.

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengamatan

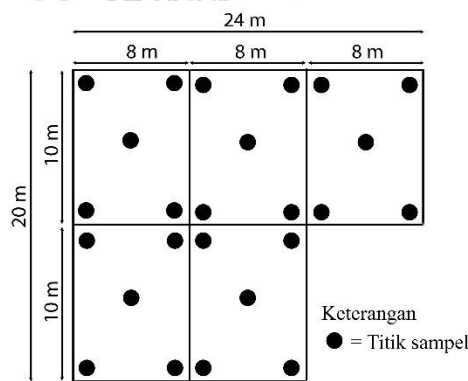
Tahapan penentuan lokasi pengamatan dilakukan metode *purposive sampling* dengan dasar pada lokasi didapatkan areal budidaya ubi kayu yang ditanam dengan umur yang sama dan dengan perlakuan yang sama baik pengelolaan maupun pemupukan. Penentuan dengan areal budidaya ubi kayu yang ditanam didapatkan dengan wawancara petani setempat untuk menanyakan sejarah lahan serta pengolahan dan pemupukan serta luas lahan yang dijadikan sebagai lokasi penelitian.



Gambar 2. Citra *Google Earth* Lokasi Pengamatan

3.4.2 Penentuan Titik Sampel

Tahapan penentuan titik sampel tanah dilakukan dengan metode diagonal. Dalam satu lahan dibagi dengan 5 plot sebagai ulangan dengan luas plot 6 x 8 m. (Gambar 3). Pada tiap plot tersebut dilakukan pemilihan 5 kategori tanaman sesuai kategori yang diharapkan jika pertumbuhan tanaman ubi kayu baik maka hasil ubi kayu akan baik.



Gambar 3. Titik Pengamatan Sampel

3.4.3 Pengambilan Sampel Tanah

Tahapan pengambilan sampel tanah secara acak dan dilakukan dengan dua cara yaitu mengambil sampel tanah utuh dan sampel tanah komposit. Sampel tanah

utuh diambil dengan menggunakan ring sampel dan ring master dengan dua kedalaman yaitu 0-10 cm dan 10-20 cm. Untuk sampel tanah komposit dilakukan pengambilan dengan cara diagonal 4 titik dan dikompositkan. Sampel tanah diambil pada tiap kategori pada tiap plot dengan total 25 sampel.

3.4.3 Tahap Penilaian Karakteristik Ubi Kayu

Tahapan penilaian karakteristik ubi kayu dilakukan secara manual dengan menggunakan timbangan analitik dengan menimbang bobot ubi kayu yang diambil pada tiap pohon dan dilakukan pengukuran panjang dan diameter dengan menggunakan meteran jahit, kemudian hasil ubi kayu dibagi menjadi 5 kategori tanaman yaitu baik, agak baik, sedang, agak buruk, dan buruk. Penilaian karakteristik ubi kayu dilakukan menggunakan analisis deskriptif dengan aplikasi SPSS untuk membagi kedalam kategori yang diinginkan.

3.4.4 Analisis Laboratorium

Pada tahap analisis laboratorium dilakukan beberapa analisis sesuai dengan pengamatan yang dilakukan seperti:

a) Berat isi

Pengukuran berat isi menggunakan metode silinder. Berat isi atau *bulk density* merupakan perbandingan antara massa padatan tanah dengan volume tanah yang diamati sebagai indikator kepadatan tanah. Pertama contoh tanah utuh diambil menggunakan silinder kemudian ukur tinggi dan diameter dengan jangka sorong lalu timbang silinder dan isinya. Kemudian keluarkan isi silinder (tanah) dan timbang kembali silinder. Lalu tentukan kadar air dengan sub sampel dengan menimbang 50 g tanah ke cawan dan oven 110°C selama 24 jam kemudian timbang, kemudian dilakukan perhitungan dengan mengikuti instruksi kerja laboratorium fisika tanah.

$$\text{Berat isi (BI)} = M_p/V_t$$

Keterangan

BI = Berat isi

M_p = Massa padatan

V_t = Volume tanah

b) Kemantapan agregat kering

Pengukuran kemantapan agregat kering menggunakan metode ayakan kering, pada tahap pertama yaitu menimbang contoh tanah kering udara sebanyak 20 g. Lalu letakan pada ayakan paling atas (8 mm) dan dibawah

ayakan ini berturut turut terdapat ayakan (4,75 mm; 2mm; 1 mm; 0,5 mm dan penampung). Lalu gunakan tangan untuk mengayak tanah yang ada di dalam ayakan 8 mm sampai semua tanah turun melalui ayakan ini. Jika penggunaan tanah belum dapat melewati semua tanah, maka gunakan alu kucil. Tumbuk tanah perlahan menggunakan alu hingga semua tanah turun. Goncangkan ayakan dengan mesin pengayakan kering selama 5 menit.

Kemudian pada masing-masing ayakan ditimbang berat yang tersisa.

$$\text{Indeks DMR} = (0,876 \times \sum \text{DMR}) - 0,079 \text{ mm}$$

Keterangan

Indeks DMR = Kemantapan agregat kering

$\sum \text{DMR}$ = Diameter massa rerata

Nilai 0,876 & 0,079 = Konstanta

c) Kemantapan agregat basah

Pengukuran kemantapan agregat basah menggunakan metode ayakan basah, pada tahap pertama timbang 20 g tanah lolos ayakan 8 mm dalam kondisi kering udara, kemudian sampel dilembabkan pada tekanan tertentu (pF 1) dengan meletakan tanah pada alas busa yang basah, lalu susun ayakan berdasarkan ukuran ayakanannya (4,75 mm ; 2 mm ; 1 mm; 0,5 mm ; 0,25 mm). Kemudian pindahkan sampel tanah yang telah dilembabkan kedalam susunan ayakan. Lalu masukan susunan ayakan yang telah berisikan sampel kedalam bejana yang berisi air. Usahakan seluruh sampel dalam bejana terendam air, kemudian menyalakan mesin penggerak selama 5 menit kemudian hentikan. Lalu buka susunan ayakan dan pindahkan tanah yang tertinggal pada masing-masing ayakan kedalam cawan secara bertahap dengan cara setiap tanah yang berada diayakan di siram dengan air hingga terlepas dari ayakan dan ditampung pada baki dan dengan bantuan corong, jika ada tanah yang masih menempel pada baki, dapat disemprotkan dengan air hingga semua tanah pada ayakan tertampung pada cawan. Kemudian air yang di cawan dibuang dan sisakan tanah dan dilakukan pemberian label. Lalu masukan pada oven dengan suhu 110° C selama 24 jam. Kemudian timbang massa tanah pada masing-masing ayakan.

$$\text{Indeks DMR} = (0,876 \times \sum \text{DMR}) - 0,079 \text{ mm}$$

Keterangan

Indeks DMR = Kemantapan agregat basah

$\sum \text{DMR}$ = Diameter massa rerata

Nilai 0,876 & 0,079 = Konstanta

d) Ketahanan penetrasi

Pada ketahanan penetrasi menggunakan metode *Dynamic Cone Penetrometer*. Alat penetrometer yang digunakan merupakan merk penetrometer *Daiki* dengan ujung kerucut/*cone* dengan diameter kerucut 9,5 mm dengan sudut 30°. Penggunaan penetrometer dengan cara membenamkan kerucut/*cone* pada ujung penetrometer sampai menutup indikator kedalaman. Kemudian melakukan penggeseran (skala) pada tahap awal atau paling rendah yaitu nol, kemudian penetrometer ditekan secara konstan pada kedalaman yang diharapkan dengan skala pada kertas pias tiap 10 cm. Selanjutnya jika penetrometer telah mencapai kedalaman yang diinginkan, hentikan penekanan dan hasil tercatat pada kertas pias dan ulangi pada titik yang telah ditentukan. Lakukan perhitungan untuk menentukan kepadatan tanah dengan menentukan nilai penetrasi ($N\text{ cm}^{-2}$) kemudian dikonversikan menjadi Megapascal (Mpa).

$$\text{Penetrasi (N cm}^{-2}\text{)} = \text{bacaan kertas pias (kg f cm}^{-2}\text{)} \times \text{gravitasi bumi (f)}$$

Keterangan

Penetrasi ($N\text{ cm}^{-2}$) = Nilai ketahanan penetrasi

Bacaan kertas pias (kg f cm^{-2}) = 0-25

Gravitasi bumi (f) = 980

e) Bahan organik

Pada analisa bahan organik dilakukan dengan metode Walkley and Black.

Tahapannya yaitu dengan menimbang 0,5 gram tanah yang telah lolos ayakan 0,5 mm (0,25 gram untuk tanah yang bahan organiknya tinggi dan 0,1 gram untuk bahan organik), masukan ke dalam labu Erlenmeyer 500 ml.

Pipet 10 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N ditambahkan ke dalam labu Erlenmeyer.

Tambahkan 20 ml H_2SO_4 pekat ke dalam labu Erlenmeyer dan kemudian digoyangkan supaya tanah beraksi sempurna. Biarkan campuran tersebut

selama 30 menit. Penambahan H_2SO_4 dilakukan di ruang asam. Sebuah blanko (tanpa tanah) dikerjakan dengan cara yang sama. Kemudian campuran tadi diencerkan dengan H_2O 200 ml dan ditambahkan 10 ml H_3PO_4 85%,

tambahkan indikator difenilamina 30 tetes. Setelah itu larutan dapat dititrasi dengan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1N melalui buret. Titrasi dihentikan ditandai dengan perubahan dari warna gelap menjadi hijau terang dan demikian juga dengan blanko.



$$\text{Bahan Organik (\%)} = A \times 1,73$$

Keterangan

$$A = (\%) \text{ C.Organik}$$

$$1,73 = \text{konstanta}$$

f) N-total

Pada pengukuran nitrogen total tanah dengan menggunakan metode *Kjeldahl* dengan cara menimbang tanah 0,5 gram contoh tanah ukuran 0,5

mm dan masukan kedalam labu kjeldahl, tambahkan 1 gram campuran selenium dan 5 ml H₂SO₄ pekat kemudian destruksi pada suhu 300° C.

Setelah sempurna didinginkan dan diencerkan dengan 50 ml H₂O murni.

Encerkan hasil destruksi menjadi +- 100 ml dan tambahkan 20 ml NaOH

40% lalu suling dengan segera. Tampung sulingan dengan asam borat

penunjuk sebanyak 20 ml sampai warna berubah dari jingga menjadi hijau

dan volumenya kurang lebih 50 ml. Titrasi sampai titik akhir dengan larutan

H₂SO₄ 0,01N.

$$\text{Nitrogen total (\%)} = (X - Y / Z) \times 0,014 \times A \times 100 \times B$$

Keterangan

$$A = N. \text{ H}_2\text{SO}_4$$

$$X = \text{ml. sampel}$$

$$Z = \text{berat sampel}$$

$$B = \text{Kadar Air}$$

$$Y = \text{ml. blangko}$$

g) K-dapat ditukar

Pada pengukuran kalium dapat ditukar menggunakan metode *flamephotometer*. Prosedur penetapan kalium adalah sebagai berikut: 1)

Dibaca pada *flamephotometer* filtrat contoh yang diperoleh dari penjuhan

tanah dengan NH₄OAc 1 N (pada penetapan KTK). 2) Dibaca larutan deret

standard K pada flame fotometer. 3) Dibuat kurva standard hubungan antara

pembacaan dengan konsentrasi larutan standard. Hitung konsentrasi K

contoh dari kurva standard. Jika bacaan K pada flamefotometer melebihi

100 maka akan dilakukan pengenceran.

$$K (\text{me}/100\text{gr}) = (\text{Bacaan sampel} - A / B) \times C \times D$$

Keterangan

$$A = \text{Bacaan A pada flamephotometer}$$

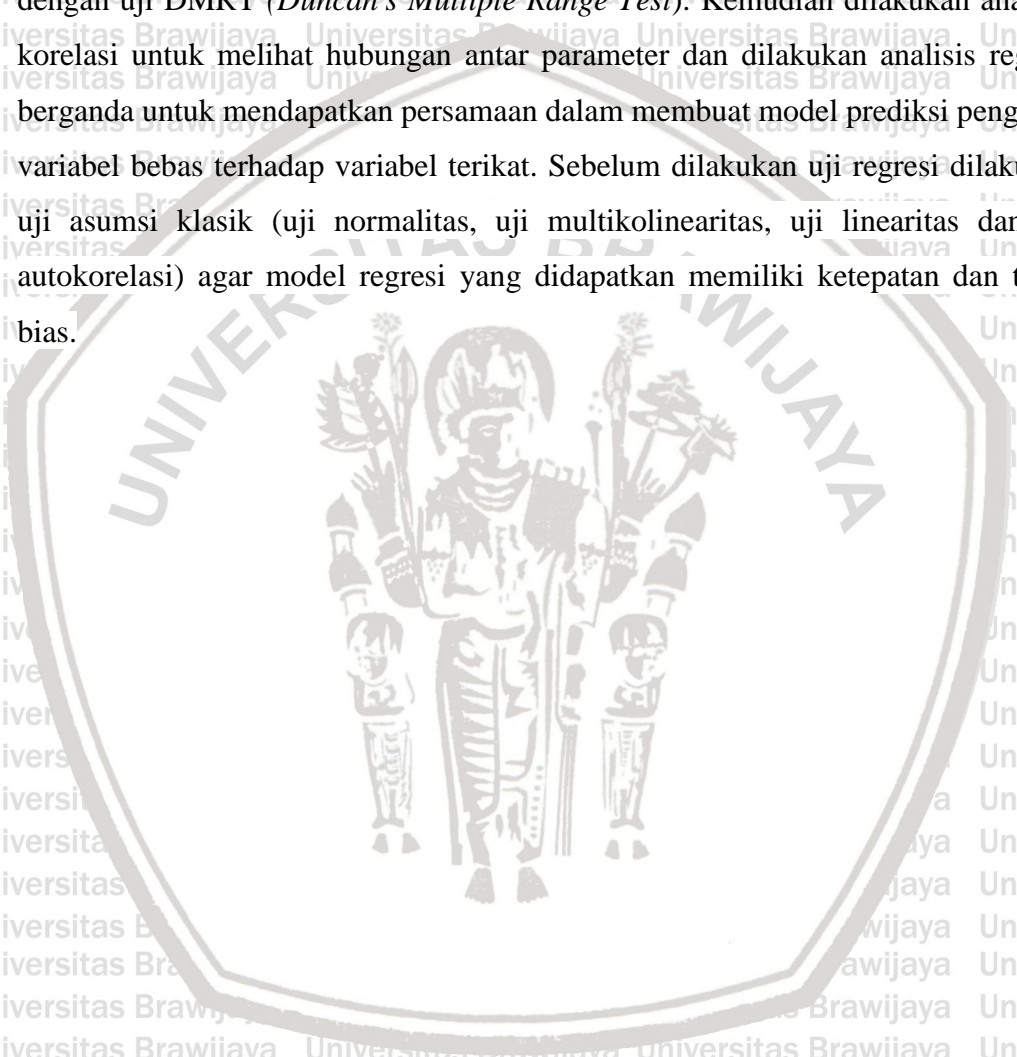
$$C = \text{Pengenceran}$$

$$B = \text{Bacaan B pada flamephotometer}$$

$$D = \text{Fka}$$

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan analisis uji anova untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (berat isi, DMR kering, DMR basah, ketahanan penetrasi, bahan organik, nitrogen total, kalium-dd) terhadap variabel terikat (berat umbi, panjang umbi dan diameter umbi) apakah berpengaruh signifikan atau tidak. Dari hasil uji anova kemudian jika terdapat pengaruh yang signifikan maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Kemudian dilakukan analisis korelasi untuk melihat hubungan antar parameter dan dilakukan analisis regresi berganda untuk mendapatkan persamaan dalam membuat model prediksi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Sebelum dilakukan uji regresi dilakukan uji asumsi klasik (uji normalitas, uji multikolinearitas, uji linearitas dan uji autokorelasi) agar model regresi yang didapatkan memiliki ketepatan dan tidak bias.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Wilayah

Wilayah penelitian dilakukan di Desa Sukowalingun, Kecamatan Kalipare Kabupaten Malang, Jawa Timur. Jenis tanah pada daerah ini merupakan Mediteran atau Alfisol. Secara topografi terletak pada ketinggian 350 mdpl dengan curah hujan 1.500 mm/tahun. Karakteristik tanah Alfisol dicirikan dengan solum yang tebal yaitu 90–200 cm, pH sekitar 6,0–7,05. Kadar unsur hara umumnya tinggi, namun sangat ditentukan oleh bahan induknya. Kandungan bahan organik biasanya rendah, daya menahan air dan permeabilitas tergolong sedang. Tekstur bervariasi dari lempung sampai liat, konsistensi tanah gembur sampai teguh. Air pada tanah Alfisol kadang-kadang merupakan faktor pembatas. (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 2015).

Berdasarkan hasil wawancara terhadap pemilik lahan, didapatkan hasil sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Wawancara Lahan Pengamatan

Pemilik	Bapak Ladi
Luas Lahan	500 m ²
Pola Tanam	Monokultur
Varietas	Sembung, 11 bulan
Pengolahan Lahan	Guludan, Stek
Jarak Tanam	200 x 150 cm
Pemupukan	Pupuk Kandang 500 kg ha ⁻¹ NPK 200 kg ha ⁻¹ Urea 250 kg ha ⁻¹

4.2 Karakteristik Umbi Kayu

Karakteristik umbi kayu didapatkan setelah hasil pemanenan. Pada penelitian ini diamati pada berat umbi, panjang umbi dan diameter umbi.

Karakteristik umbi akan dikategorikan pada 5 kategori umbi yaitu: baik, agak baik, sedang, agak buruk dan buruk. Dalam pembagian kategori umbi menggunakan analisis deskriptif statistic (Tabel 3) pada aplikasi SPSS. Berikut merupakan hasil pengamatan.

Tabel 3. Karakteristik umbi (berat, diameter dan panjang umbi)

Kategori umbi	Berat umbi (kg/pohon)	Diameter umbi (cm)	Panjang umbi (cm)
Baik	> 7,63	> 28,10	> 40,25
Agak baik	7,63 – 6,18	28,10 – 23,50	40,25 – 34,42
Sedang	6,18 – 4,74	23,50 – 18,90	34,42 – 28,58
Agak buruk	4,74 – 3,29	18,90 – 14,30	28,58 – 22,75
Buruk	< 3,29	< 14,30	< 22,75

Berdasarkan hasil pengamatan, didapatkan pada ubi kayu pada kategori baik memiliki berat umbi diatas 7,63 kg/pohon dengan diameter diatas 28,10 dan panjang umbi diatas 40,25 cm. Kemudian pada kategori umbi agak baik memiliki berat umbi 7,63 – 6,18 kg/pohon dengan diameter 28,10 – 23,50 cm dan panjang umbi 40,25 – 34,42 cm. Lalu pada kategori umbi sedang memiliki berat 6,18 – 4,74 kg/pohon dengan diameter umbi 23,50 – 18,90 cm dan panjang umbi 34,42 – 28,58 cm. Berikutnya pada kategori agak buruk memiliki berat umbi 4,74 – 3,29 kg/pohon dengan diameter umbi 18,90 – 14,30 cm dan panjang umbi 28,58 – 22,75 cm dan pada kategori buruk memiliki berat umbi dibawah 3,29 kg/pohon dengan diameter umbi dibawah 14,30 cm dan panjang umbi dibawah 22,75 cm.

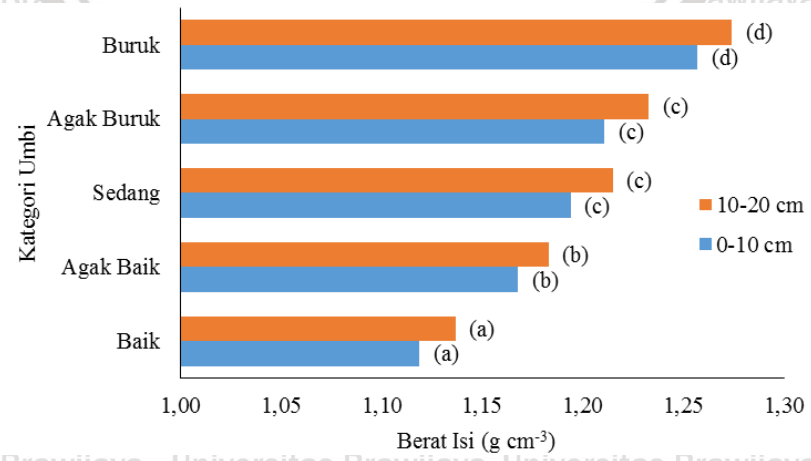
Pada tanaman ubi kayu, umbi pada tanaman ubi kayu berfungsi sebagai organ penyimpan karbohidrat dalam bentuk pati, penyimpanan hasil fotosintesis tanaman menyebabkan umbi semakin panjang dan semakin berdiameter lebar (Agustina, 2018).

4.3 Perbedaan Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengamatan beberapa sifat fisik dan sifat kimia yaitu berat isi, kemantapan agregat basah, kemantapan agregat kering, ketahanan penetrasi, bahan organik, nitrogen total serta kalium dapat ditukar.

4.3.1 Berat Isi

Berat isi (BI) atau *Bulk Density* (BD) adalah suatu perbandingan antara massa padatan tanah dengan volume tanah (Priyono dan Kusuma, 2012). Hasil analisis ragam (Gambar 4) menunjukkan berbagai kategori memiliki beda nyata ($p < 0,01$) pada berat isi tanah baik di kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm.



Gambar 4. Berat isi pada berbagai kategori umbi

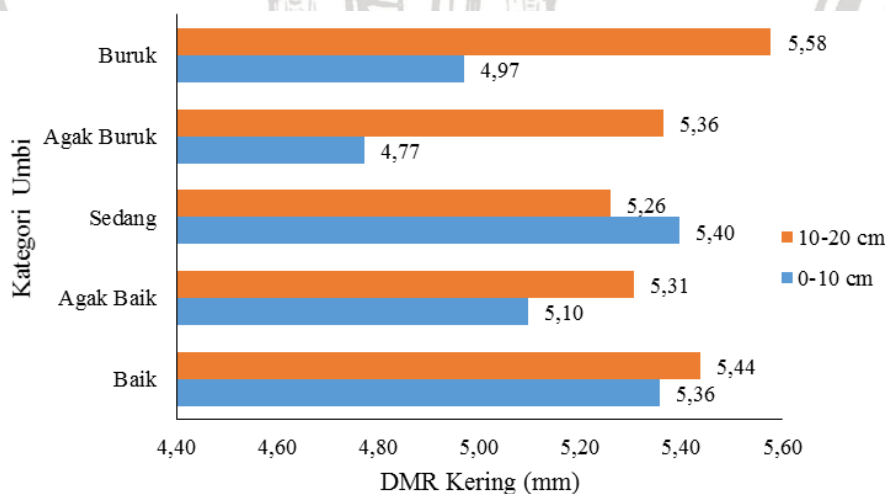


Secara keseluruhan berat isi rata-rata pada tanah di lokasi penelitian yaitu 1,20 g cm⁻³ dengan kisaran pada kedalaman 0-10 cm memiliki kisaran nilai 1,12 g cm⁻³ – 1,26 g cm⁻³ sedangkan pada kedalaman 10-20 cm memiliki kisaran nilai 1,14 g cm⁻³ – 1,28 g cm⁻³. Pada kategori buruk hingga kategori baik menunjukkan hasil berat isi semakin mengecil. Semakin kecil berat isi maka semakin baik hasil umbi yang didapatkan.

Hal ini disebabkan oleh pengolahan tanah yang intensif dan masukan bahan organik yang rendah. Semakin tinggi berat isi maka menunjukkan semakin padat tanah tersebut. Berdasarkan hasil penelitian Prasetyo *et al.* (2014) total panjang akar mengalami peningkatan dengan penurunan nilai berat isi tanah dengan nilai r = 0,77. Tanah yang diolah berlebihan tanpa tindakan konservasi akan menjadi lebih cepat kering, lebih halus (*powerdery*), berstruktur buruk dan berbahan organik rendah. Pada sebagian besar permukaan tanah, berat isi menjadi gembur akibat pengolahan tanah. Namun bisa memadat karena dispersi, penyumbatan pori dan pemadatan permukaan (*crusting*) (Rachman *et al.*, 2006).

4.3.2 Kemantapan Agregat Kering

Kemantapan agregat merupakan gambaran kemampuan agregat dalam bertahan terhadap faktor yang merusak. Hasil analisis ragam (Gambar 5) menunjukkan pada kedalaman 0-10 cm maupun pada kedalaman 10-20 cm tidak menunjukkan perbedaan nyata ($p > 0,05$).



Gambar 5. DMR kering pada berbagai kategori umbi

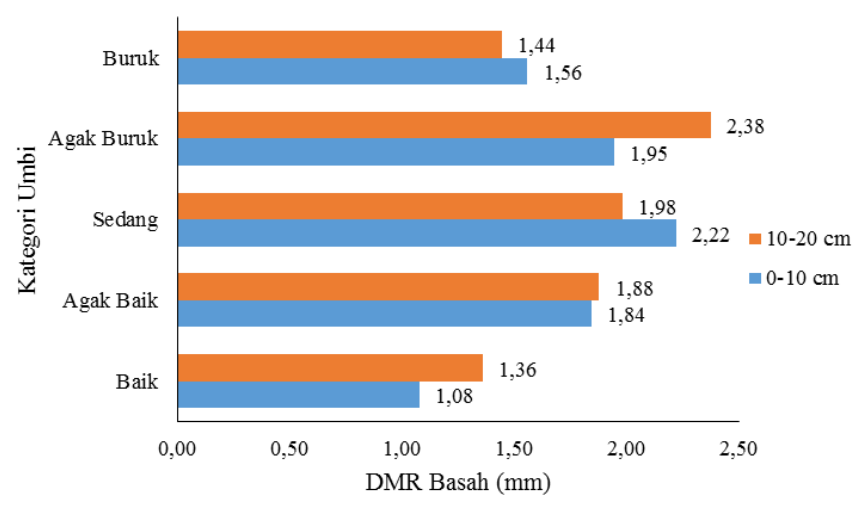
Berdasarkan hasil analisa, DMR kering secara keseluruhan memiliki rata-rata 5,25 mm dengan kisaran 4,77 mm – 5,58 mm. Pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang ukuran 4,77 mm – 5,39 mm dan pada kedalaman 10-20 cm

memiliki rentang 5,26 mm sampai 5,58 mm. Di kedalaman 0-10 cm pada seluruh kategori tidak berbeda nyata dan pada kedalaman 10-20 cm juga tidak terdapat perbedaan yang nyata.

Nilai DMR kering menunjukkan dominasi ukuran agregat pada ukuran 4 mm keatas. Ukuran agregat yang terdapat pada lokasi penelitian termasuk makro agregat karena berukuran > 2,00 mm. Agregat yang terbentuk pada seluruh kategori tidak berbeda nyata karena pengolahan lahan yang sama yaitu dengan dicangkul dan pemasukan bahan organik yang sama. Sebaran diameter agregat tanah sangat bergantung pada intensitas pengolahan tanah, semakin intensif pengolahan tanah maka akan semakin halus diameter agregat yang dihasilkan.

4.3.3 Kemantapan Agregat Basah

Pengaruh pengayakan basah menggambarkan kepekaan tanah terhadap erosi air. Hasil analisis ragam (Gambar 6) menunjukkan berbagai kategori tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) pada kemantapan agregat basah tanah baik di kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm.



Gambar 6. DMR basah pada berbagai kategori umbi

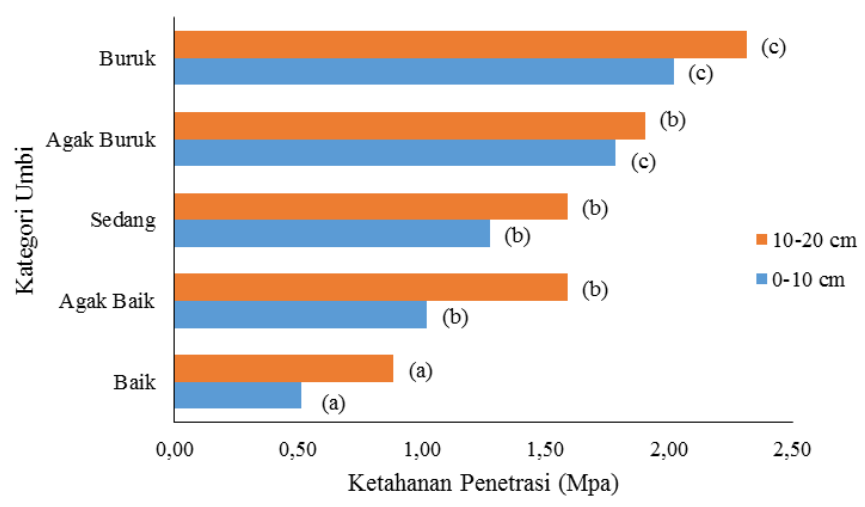
Berdasarkan hasil analisa, DMR Basah secara keseluruhan memiliki rata-rata sebesar 1,77 mm dengan rentang nilai 1,08 mm – 2,22 mm. Pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang nilai 1,08 mm – 2,22 mm dan pada kedalaman 10-20 cm memiliki rentang nilai 1,36 mm – 2,38 mm. Berdasarkan kriteria kemantapan agregat termasuk kedalam kelas sangat mantap 2,00 mm – 0,80 mm.

Kemantapan agregat dapat dipengaruhi faktor pengolahan lahan seperti penambahan bahan organik dalam proses agregasi tanah. Penggunaan lahan dan

pengolahan sangat mempengaruhi proses agregasi dan kemantapan agregat. Pengolahan yang berulang-ulang bersamaan dengan penurunan input bahan organik ke dalam tanah menyebabkan disintegrasi agregat sehingga menjadikan tanah peka pada erosi dan pemadatan (Supriyadi, 2008). Perbaikan agregat tanah terjadi karena bahan organik dapat berperan sebagai pengikat dalam pembentukan mikroagregat, mesoagregat maupun makroagregat (Nurida dan Kurnia, 2009).

4.3.4 Ketahanan Penetrasi

Dalam bidang pertanian, untuk mengetahui ketahanan tanah terhadap penetrasi akar digunakan penetrometer, dimaksudkan untuk menilai kondisi tanah dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan perkembangan akar di dalam tanah, hasil panen dan sifat fisik tanah lainnya yang berhubungan produksi tanaman (Kurnia *et al.*, 2006). Berikut merupakan hasil analisa ketahanan penetrasi pada tiap kategori umbi. Hasil analisis ragam (Gambar 7) menunjukkan berbagai kategori memiliki beda sangat nyata ($p < 0,01$) pada ketahanan penetrasi tanah baik di kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm.



Gambar 7. Ketahanan penetrasi pada berbagai kategori umbi

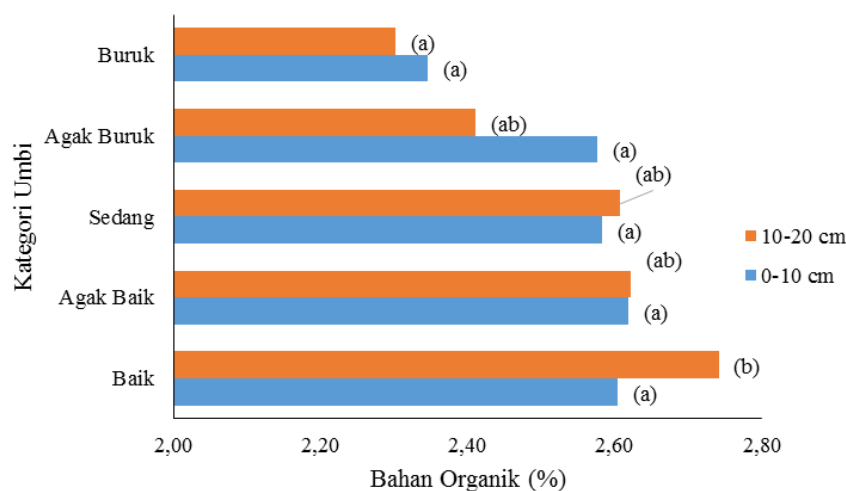
Berdasarkan hasil analisis, pada ketahanan penetrasi secara keseluruhan memiliki nilai rata-rata 1,49 Mpa. Pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang nilai 0,51 Mpa – 2,02 Mpa. Kemudian pada kedalaman 10-20 cm memiliki rentang nilai 0,88 Mpa – 2,31 Mpa.

Perbedaan ketahanan penetrasi mencerminkan semakin besar nilai yang dihasilkan maka semakin sulit akar dalam menembus tanah yang akan menyebabkan perkembangan tanaman terganggu. Nilai normal ketahanan penetrasi

tanah untuk pertumbuhan akar secara normal adalah 0 – 5 kg cm⁻². Perkembangan akar tanaman mulai terhambat jika ketahanan penetrasi tanah 5 kg cm⁻² (Wahyunie *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Whalley *et al.* (2007) menyatakan secara umum pemanjangan akar tanaman akan terbatas pada kondisi tanah dengan ketahanan penetrasi tanah sebesar 2,5 Mpa.

4.3.5 Bahan Organik

Berikut merupakan hasil analisa bahan organik pada tiap kategori umbi kayu. Hasil analisis ragam (Gambar 8) menunjukkan dengan taraf ($p>0,05$) pada kedalaman 0-10 cm tidak terdapat perbedaan nyata sedangkan pada kedalaman 10-20 cm memiliki perbedaan nyata.



Gambar 8. Bahan organik pada berbagai kategori umbi

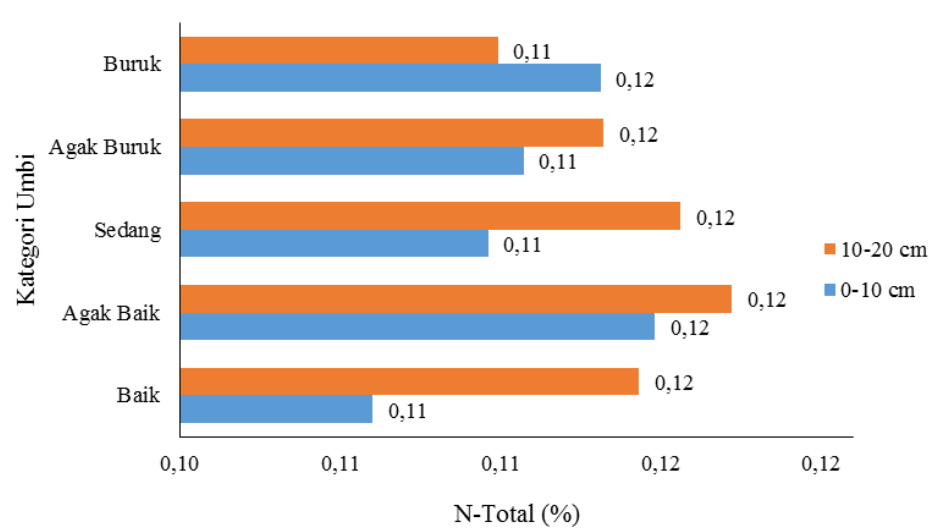
Berdasarkan hasil analisis, pada seluruh kategori memiliki rentang rata-rata bahan organik sebesar 2,54 % dimana pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang nilai 2,35 % - 2,62 % dan pada kedalaman 10-20 cm memiliki rentang nilai 2,30 % - 2,74 %.

Bahan organik tanah berperan secara fisik, kimia maupun biologis, sehingga menentukan jenis status kesuburan suatu tanah. Rendahnya kandungan bahan organik akan mengakibatkan buruknya kondisi tanah yang dapat mengakibatkan pertumbuhan dan hasil tanaman ikut memburuk. Berdasarkan penelitian Howeler (1981) mengatakan bahwa batas kritis bahan organik berada pada 3,1% sehingga dapat dikatakan seluruh kategori pada berbagai kedalaman telah melewati batas kritis untuk ubi kayu. Hal ini disebabkan karena lahan penelitian berada pada kategori lahan kering yang memiliki temperatur yang tinggi dan curah hujan yang

rendah. Menurunkan kadar C-organik tanah disebabkan: (1) Didaerah tropis tingkat pelapukan bahan organik sangat intensif akibat curah hujan dan suhu tinggi, (2) pengelolaan lahan kurang tepat, (3) intensitas tanam yang tinggi. (Setyorini *et al.*, 2010).

4.3.6 Nitrogen Total

Berikut merupakan hasil analisis kandungan nitrogen total tanah pada berbagai kategori umbi kayu. Hasil analisis ragam (Gambar 9) menunjukkan berbagai kategori tidak memiliki beda nyata ($p > 0,05$) pada nitrogen total baik di kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm.



Gambar 9. Nitrogen total pada berbagai kategori umbi

Berdasarkan hasil analisis, kandungan nitrogen total yang terkandung memiliki nilai rata-rata 0,116% dan pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang nilai 0,11% - 0,117% dan kedalaman 10-20 cm dengan rentang nilai 0,114% - 0,121%.

Hal ini disebabkan karena masukan nitrogen yang sama dengan yang kategori yang lain dan kandungan nitrogen sangat mudah bergerak dan tidak adanya pengembalian residu pasca panen.

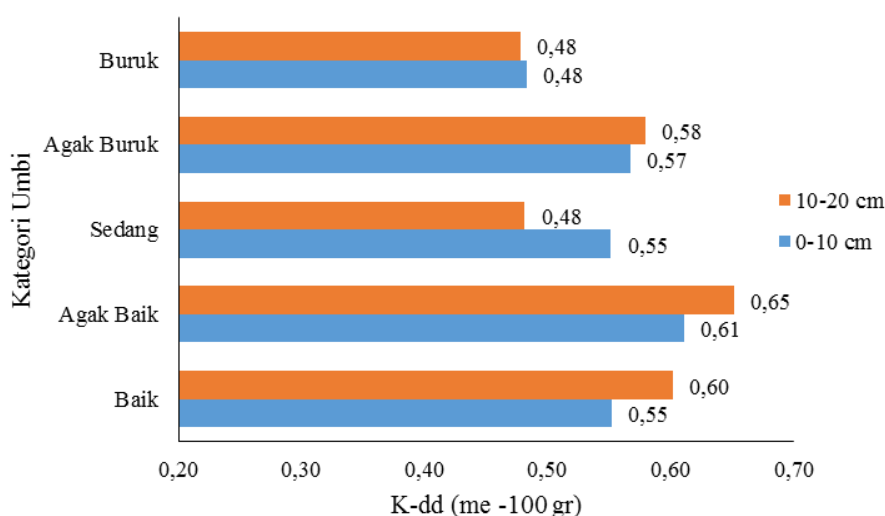
Nitrogen merupakan salah satu unsur pupuk yang diperlukan dalam jumlah aling banyak, namun keberadaannya dalam tanah sangat *mobile* sehingga mudah hilang dari tanah melalui pencucian maupun penguapaun (Nainggolan, 2009).

Pengembalian sisa tanaman berperan dalam menyumplai unsur hara, terutama unsur N (Wijanarko, 2017). Pada lahan penelitian termasuk dalam kategori dibawah batas kritis. Menurut Howeler (1981), nilai kritis yang ditetapkan sebagai batas yaitu 0,17%.



4.3.7 Kalium-dd

Pada ubi kayu, kalium (K) memiliki fungsi dalam menjaga tekanan turgor sel, mengatur menutup dan membukanya stomata dan translokasi serta akumulasi karbohidrat (Asher, 1980). Berikut merupakan hasil analisis kandungan nitrogen total tanah pada berbagai kategori umbi kayu. Hasil analisis ragam (Gambar 10) menunjukkan berbagai kategori tidak memiliki beda nyata ($p > 0,05$) pada kalium-dd baik di kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm.



Gambar 10. Kalium-dd pada berbagai kategori umbi

Berdasarkan hasil analisis, pada seluruh kategori memiliki rata-rata nilai 0,55 K me 100g⁻¹ dengan Pada kedalaman 0-10 cm memiliki rentang nilai 0,48 K me 100g⁻¹ – 0,59 K me 100g⁻¹, kemudian pada kedalaman 10-20 cm memiliki rentang nilai 0,48 K me 100g⁻¹ – 0,60 K me 100g⁻¹. Pada seluruh kategori tidak terdapat beda nyata baik pada kedalaman 0-10 cm maupun 10-20 cm. Hal ini disebabkan karena masukan unsur kalium sama dengan kategori umbi yang lain karena pada satu lahan yang sama. Menurut Howeler (1981), nilai kritis pada parameter kalium yaitu 0,15 K me 100g⁻¹ dan pada lahan penelitian memiliki nilai kalium sebesar 0,55 K me 100g⁻¹.

4.4 Hubungan Antar Variabel Pengamatan

4.4.1a Korelasi antara Berat Isi dengan Ketahanan Penetrasi

Berdasarkan hasil uji korelasi yang dilakukan pada variabel berat isi dan ketahanan penetrasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat ($r = 0,87^{**}$) pada kedua variabel tersebut. Dengan hasil korelasi yang positif dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi berat isi maka semakin tinggi nilai ketahanan penetrasi. Hal

ini sejalan dengan penelitian Lowery dan Schuler (1994) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi berat isi tanah maka semakin tinggi terjadi pemadatan dan semakin tinggi pemadatan maka semakin tinggi nilai ketahanan penetrasi.

4.4.2 Korelasi antara Berat Isi dengan Bahan Organik

Berdasarkan hasil uji korelasi yang dilakukan pada variabel berat isi dengan bahan organik menunjukkan adanya hubungan yang kuat ($r = -0,45^*$) pada kedua variabel tersebut. Hasil korelasi antar kedua variabel tersebut berbanding terbalik atau negatif yang artinya semakin tinggi berat isi tanah maka semakin rendah kandungan bahan organik yang ada. Hal ini sesuai dengan penelitian Sakin (2012), bahwa terdapat hubungan dengan arah negatif antara bahan organik dengan berat isi tanah.

4.4.3 Korelasi antara Berat Isi dengan Karakteristik Umbi

Berdasarkan hasil uji korelasi pada variabel berat isi dengan karakteristik umbi yaitu berat umbi, diameter umbi dan panjang umbi menunjukkan adanya hubungan yang kuat. Hasil korelasi secara berurut sesuai berikut (Tabel 4).

Tabel 4. Korelasi berat isi dengan karakteristik umbi

Variabel	Korelasi
Berat umbi	$r = -0,93^{**}$
Diameter umbi	$r = -0,90^{**}$
Panjang umbi	$r = -0,54^{**}$

Keterangan: (*) menunjukkan signfikan yang nyata; (**) menunjukkan signifikasi yang sangat nyata.

Hasil uji korelasi pada variabel berat isi tanah terhadap karakteristik umbi terlihat bahwa menunjukkan korelasi negatif yang dapat dijelaskan semakin tinggi berat isi tanah maka semakin menurunkan karakteristik umbi kayu baik berat umbi, diameter umbi maupun panjang umbi kayu. Pertumbuhan ubi kayu mengalami penurunan pada berat isi tanah yang tinggi (Nadi dan Lal, 1987). Khususnya pada tanaman umbi-umbian seperti singkong, masalah ini membatasi akumulasi pati dalam umbi sebagai akibat dari tingginya berat isi tanah dan defisit kelembaban (Howeler, 1981).

4.4.4 Korelasi antara Bahan Organik dengan Karakteristik umbi

Berdasarkan hasil uji korelasi pada variabel bahan organik dengan karakteristik umbi menunjukkan adanya hubungan yang kuat. Hasil korelasi secara berurut sesuai berikut (Tabel 5).

Tabel 5. Korelasi bahan organik dengan karakteristik umbi

Variabel	Korelasi
Berat umbi	$r = 0,43^{**}$
Diameter umbi	$r = 0,48^{**}$
Panjang umbi	$r = 0,28^*$

Keterangan: (*) menunjukkan signifikan yang nyata ; (**) menunjukkan signifikansi yang sangat nyata.

Dari hasil uji korelasi pada variabel bahan organik tanah terhadap karakteristik umbi terlihat bahwa menunjukkan hubungan yang positif yang dapat dijelaskan semakin tinggi bahan organik tanah maka akan semakin meningkatkan karakteristik umbi kayu baik berat umbi, diameter umbi maupun panjang umbi kayu. Bahan organik dalam tanah berperan sebagai pengikat partikel sehingga tanah menjadi baik, ruang pori tanah meningkat sehingga berat isi tanah menjadi turun.

Kegemburan tanah yang ditunjukkan oleh bobot isi tanah mempengaruhi aerasi tanah sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan umbi (Marjanović *et al.*, 2015).

4.5 Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Berat Umbi

Berdasarkan hasil perhitungan analisis statistik dengan aplikasi SPSS, berikut merupakan persamaan dari analisis regresi linear berganda sifat tanah terhadap berat umbi.

$$\text{Berat Umbi} = 52,204 \text{ kg} - 40,180 X_1 - 0,658 X_2 - 0,164 X_3 + 0,453 X_4$$

Keterangan : X_1 = Berat Isi ; X_2 = DMR basah ; X_3 = Ketahanan Penetrasi ; X_4 = Bahan Organik

Interpretasi dari hasil persamaan berikut bahwa dari persamaan diatas dapat diartikan setiap penambahan 1 g cm^{-3} berat isi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan berat umbi sebesar 40,180 kg, setiap penambahan 1 mm DMR basah dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan berat umbi sebesar 0,658 kg, setiap penambahan 1 Mpa ketahanan penetrasi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan berat umbi sebesar 0,164 kg dan setiap penambahan 1% bahan organik dengan variabel lain konstan, maka akan menambahkan berat umbi sebesar 0,453 kg.

Berat isi tanah (*bulk density*) merupakan menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah, termasuk volume pori-pori tanah. Tanah yang diolah berlebihan tanpa tindakan konservasi akan menjadi lebih cepat kering, lebih halus (*powerdery*), berstruktur buruk dan berbahan organik rendah. Pada sebagian besar permukaan tanah, berat isi menjadi gembur akibat pengolahan tanah.

Namun bisa memadat karena dispersi, penyumbatan pori dan pemadatan

permukaan (*crusting*) (Rachman *et al.*, 2004). Semakin padat tanah berhubungan dengan berat isi tanah. Semakin besar berat isi tanah maka semakin padat tanah tersebut sehingga pertumbuhan umbi akan terhambat. Peningkatan ukuran dan stabilitas agregat akan berpengaruh positif terhadap sifat fisik tanah lainnya antar lain meningkatkan kapasitas retensi air dan jumlah air tersedia, pori makro dan meso, porositas total, aerasi tanah serta permeabilitas tanah maupun infiltrasi (Nurida dan Kurnia, 2009). Total panjang akar dan proporsi total panjang panjang akar tumbuh lebih besar dalam agregat besar dibandingkan agregat kecil dan juga pada rambut akar tumbuh lebih besar pada agregat besar (Misra *et al.*, 1988).

Kemudian berdasarkan model regresi berganda yang telah dibuat, model tersebut memiliki nilai koefisien korelasi sebesar ($r = 0,94$) dan nilai koefisien regresi sebesar ($R^2 = 0,88$) yang dapat diinterpretasikan bahwa sebesar 88 % variabel berat umbi dipengaruhi oleh berat isi, DMR basah, ketahanan penetrasi, bahan organik, sedangkan 12 % dipengaruhi oleh faktor lain.

4.6 Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Panjang

Umbi

Berdasarkan hasil perhitungan analisis statistik dengan aplikasi SPSS, berikut merupakan persamaan dari analisis regresi linear berganda sifat tanah terhadap panjang umbi

$$\text{Panjang Umbi} = 82,902 \text{ cm} - 42,960 X_1 - 5,013 X_2 + 2,455 X_3$$

Keterangan : X_1 = Berat Isi ; X_2 Ketahanan Penetrasi ; X_3 = Bahan Organik

Interpretasi dari hasil persamaan berikut bahwa dari persamaan diatas dapat diartikan setiap penambahan 1 g cm⁻³ berat isi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan panjang umbi sebesar 42,960 cm, kemudian setiap penambahan 1 Mpa ketahanan penetrasi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan panjang umbi sebesar 5,013 cm, dan setiap penambahan 1% bahan organik dengan variabel lain konstan, maka akan menambahkan panjang umbi sebesar 2,455 cm,

Ketahanan penetrasi merupakan kemampuan akar dalam masuk kedalam tanah, semakin besar ketahanan tanah maka semakin susah akar masuk ke dalam tanah dan dapat mengurangi panjang umbi yang dihasilkan, berdasarkan hasil persamaan regresi linear berganda, jika mengalami peningkatan 1% ketahanan penetrasi akan mengurangi panjang umbi sebesar 5,013 cm. Pemadatan dapat

menghambat pertumbuhan tanaman, menghambat penetrasi akar tanaman, membatasi pergerakan air dan udara di dalam tanah dan menyebabkan pertumbuhan benih menjadi lambat dan akhirnya akan dapat mengurangi produksi tanaman (Kok *et al.*, 1996). Akar akan bergerak menuju sumber air dalam tanah sehingga ukuran panjang pendeknya akar sangat dipengaruhi oleh tersedianya air dan mineral dalam tanah serta kelembaban dalam tanah (Bahri, 2013).

Berdasarkan model regresi berganda pada panjang umbi, model tersebut mendapatkan nilai koefisien korelasi sebesar ($r = 0,54$) dan nilai koefisien regresi sebesar ($R^2 = 0,30$) yang dapat diinterpretasikan bahwa sebesar 30,0 % variabel panjang umbi dipengaruhi oleh berat isi, ketahanan penetrasi, bahan organik, sedangkan 70,0 % dipengaruhi oleh faktor lain.

4.7 Pengaruh Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah terhadap Diameter

Umbi

Berdasarkan hasil perhitungan analisis statistik dengan aplikasi SPSS, berikut merupakan persamaan dari analisis regresi linear berganda sifat tanah terhadap diameter umbi.

$$\text{Diameter Umbi} = 131,683 \text{ cm} - 99,857 X_1 - 2,304 X_2 - 0,222 X_3 + 3,315 X_4$$

Keterangan : X_1 = Berat Isi ; X_2 = DMR Basah ; X_3 = Ketahanan Penetrasi; X_4 = Bahan Organik

Interpretasi dari hasil persamaan berikut bahwa dari persamaan diatas dapat diartikan setiap penambahan 1 cm^{-3} berat isi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan diameter umbi sebesar 99,857 cm, , setiap penambahan 1 mm DMR basah dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan diameter umbi sebesar 2,304 cm, setiap penambahan 1 Mpa ketahanan penetrasi dengan variabel lain konstan, maka akan menurunkan diameter umbi sebesar 0,222 cm, lalu setiap penambahan 1% bahan organik dengan variabel lain konstan, maka akan menambahkan diameter umbi sebesar 3,315 cm.

Semakin tingginya berat isi tanah menyebabkan terjadinya pemadatan tanah. Pemadatan tanah akan memberikan tahanan mekanik terhadap pertumbuhan tanaman melalui beberapa cara yaitu mengurangi atau menghalangi munculnya kecambah ke permukaan, merintang atau mencegah sistem perkecambahan, sehingga diameter dari sistem akar berkurang, dan mempunyai efek mengurangi produksi tanaman (Damanik, 2007). Semakin tingginya berat isi tanah akan menurunkan panjang akar dan meningkatkan rata-rata diameter akar

(Kaewkamthong *et al.*, 2014). Berat isi dipengaruhi oleh tekstur, bahan organik dan tingkat kepekaan, umumnya tanah yang gembur, porous, dan memiliki bahan organik yang tinggi memiliki berat isi yang rendah (Hugar dan Soraganvi, 2014). Pada tanah dengan berat isi tinggi, pertumbuhan panjang akar berkurang tetapi disertai dengan peningkatan diameter akar (Goodman, 1999).

Berdasarkan model regresi berganda tersebut, nilai koefisien korelasi yang didapatkan sebesar ($r = 0,92$) dan nilai koefisien regresi dari model berikut menghasilkan ($R^2 = 0,85$) yang dapat diinterpretasikan bahwa sebesar 85,4 % variabel berat umbi dipengaruhi oleh berat isi tanah, DMR basah, ketahanan penetrasi dan bahan organik sedangkan 14,6% dipengaruhi oleh faktor lain.

4.8 Pembahasan Umum

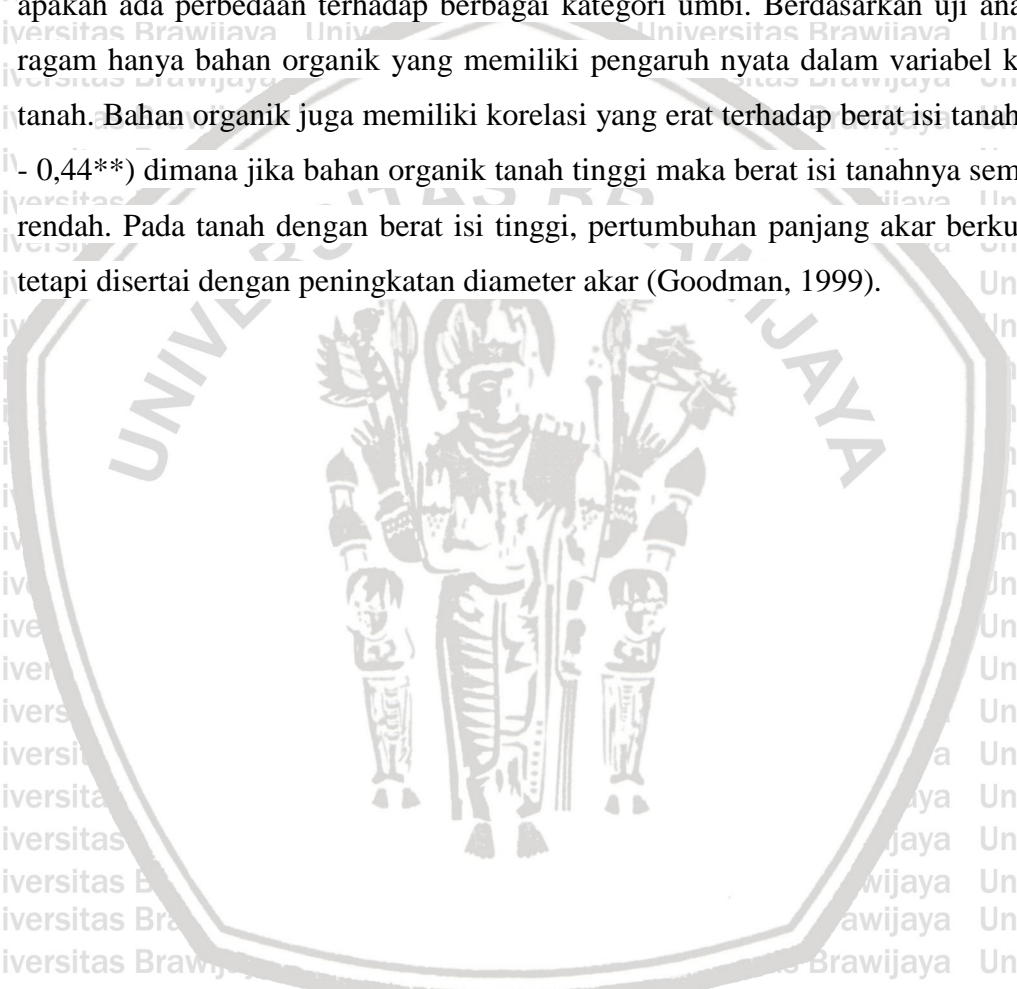
Pada berat umbi dengan variabel berat isi, DMR basah, ketahanan penetrasi dan bahan organik dengan model regresi berganda yaitu berat umbi = $52,204 \text{ kg} - 40,180 X_1 - 0,658 X_2 - 0,164 X_3 + 0,453 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2=0,88$). Kemudian pada panjang umbi dengan variabel berat isi, ketahanan penetrasi, dan bahan organik didapatkan model regresi berganda yaitu panjang umbi = $82,902 \text{ cm} - 42,960 X_1 - 5,013 X_2 + 2,455 X_3$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,30$) dan pada diameter umbi variabel berat isi, DMR basah, ketahanan penetrasi dan bahan organik didapatkan model regresi berganda diameter umbi = $131,683 \text{ cm} - 99,857 X_1 - 2,304 X_2 - 0,222 X_3 + 3,315 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,85$).

Berat isi dan ketahanan penetrasi dalam penelitian ini digunakan sebagai penentu kepadatan tanah. Berat isi tanah merupakan indikator untuk mengetahui kesehatan tanah, kapasitas menyimpan air, porositas tanah, nutrisi yang tersedia untuk tanaman dan aktivitas mikroorganisme yang akan mempengaruhi produktivitas tanah. Berat isi berguna untuk evaluasi terhadap kemungkinan akar menembus tanah, pada tanah-tanah dengan berat isi yang tinggi akar tanaman tidak dapat menembus lapisan tanah tersebut (Nugroho, 2009). Terlihat bahwa korelasi antara berat isi dengan ketahanan korelasi memiliki korelasi yang erat yang artinya semakin tinggi berat isi maka ketahanan penetrasinya akan semakin tinggi.

Penembusan tanah oleh akar tanaman akan terhambat. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian kondisi paling baik pada kategori umbi baik karena pada kategori umbi baik memiliki nilai berat isi yang rendah dan memiliki ketahanan penetrasi yang rendah, sedangkan pada kategori buruk memiliki nilai

berat isi yang tinggi serta ketahanan penetrasi yang tinggi. Makin tinggi tingkat kepadatan tanah maka akan makin berkurang persentase pori makro dan resistensi terhadap penetrasi akar semakin meningkat (Damanik, 2007). Kemantapan agregat memiliki peran besar dalam aerasi, ketersediaan air, kekuatan tanah terutama pada pertumbuhan akar dan tunas dan mungkin pada akhirnya dapat berpengaruh terhadap produksi tanaman (Díaz-Zorita *et al.*, 2005).

Kemudian pengujian kandungan kimia tanah dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan terhadap berbagai kategori umbi. Berdasarkan uji analisis ragam hanya bahan organik yang memiliki pengaruh nyata dalam variabel kimia tanah. Bahan organik juga memiliki korelasi yang erat terhadap berat isi tanah ($r = -0,44^{**}$) dimana jika bahan organik tanah tinggi maka berat isi tanahnya semakin rendah. Pada tanah dengan berat isi tinggi, pertumbuhan panjang akar berkurang tetapi disertai dengan peningkatan diameter akar (Goodman, 1999).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada berat umbi dengan variabel berat isi (X_1), DMR basah (X_2), ketahanan penetrasi (X_3) dan bahan organik (X_4) didapatkan model regresi berganda yaitu berat umbi = $52,204 \text{ kg} - 40,180 X_1 - 0,658 X_2 - 0,164 X_3 + 0,453 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2=0,88$). Kemudian pada panjang umbi dengan variabel berat isi (X_1), ketahanan penetrasi (X_2), dan bahan organik (X_3) didapatkan model regresi berganda yaitu panjang umbi = $82,902 \text{ cm} - 42,960 X_1 - 5,013 X_2 + 2,455 X_3$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,30$) dan pada diameter umbi variabel berat isi (X_1), DMR basah (X_2), ketahanan penetrasi (X_3) dan bahan organik (X_4) didapatkan model regresi berganda diameter umbi = $131,683 \text{ cm} - 99,857 X_1 - 2,304 X_2 - 0,222 X_3 + 3,315 X_4$ dengan koefisien regresi ($R^2 = 0,85$).

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah perlu adanya penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh dari variabel lain yang mempengaruhi dari karakteristik tanaman ubi kayu.



DAFTAR PUSTAKA

Agus, F., R.D. Yustika, dan U. Haryati. 2006. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. pp. 25-34.

Agustina, L.C. 2018. Pengaruh Aplikasi Biochar Diperkaya N Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) Serta Efisiensi Pemupukan N. *Skripsi*. Sarjana Thesis. Universitas Brawijaya.

Asher, C.J., D.G. Edwards, dan R.H. Howeler. 1980. Nutritional Disorders of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) St Lucia, Queensland: University of Queensland, Department of Agriculture. p. 48.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. 2018. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Ubi Kayu Menurut Kecamatan Di Kabupaten Malang, 2013-2017. Kapanjen: Badan Pusat Statistik. Diakses pada 25 Juni 2019.

Bahrami, A., I. Emadolin, M.R. Atashi, dan H.R. Bork. 2010. Land-Use Change and Soil Degradation: A Case Study, North of Iran. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1 (4): 600-605.

Bahri, S., dan S.J. Santoso. 2013. Perbanyak Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Dengan Jumlah Mata Tunas Pada Varietas Unggul Mekar Manik dan Lokal. Universitas Slamet Riyadi: Surakarta. *Jurnal Joglo*. 26 (1): 1-9.

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 2015. Teknologi Produksi Ubi Kayu di Lahan Kering Alfisol. (<https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/teknologi-produksi-ubi-kayu-dilahan-kering-alfisol/>) Diakses 25 Juni 2019.

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 2016. Pedoman Budidaya Ubi Kayu di Indonesia. (<https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/publikasi/monograf/pedomanbudidaya-ubi-kayu-di-indonesia-2016/>) Diakses 30 Juni 2019.

Damanik, P. 2007. Perubahan Kepadatan Tanah dan Produksi Tanaman Akibat Intensitas Lintasi Traktor dan Dosis Bokasi. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Diaz-Zorita, M., J.H. Grove, dan E. Perfect. 2005. Soil Fragment Size Distribution and Compactive Effort Effects on Maize Root Seedling Elongation in Moist Soil. *Crop Science*. 45 (4): 1417-1426.

Goodman, A.M., dan A.R. Ennos. 1999. The Effects of Soil Bulk Density on the Morphology and Anchorage Mechanics of the Root Systems of Sunflower and Maize. *Annals of Botany*. 83 (3): 293-302.

Hasibuan, A.S.Z. 2015. Pemanfaatan Bahan Organik Dalam Perbaikan Beberapa Sifat Tanah Pasir Pantai Selatan Kulon Progo. *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 3 (1): 31-40.

Howeler, R.H. 1981. Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava. Series 09EC-4. Cali. Colombia. Centro Internacional de Agriculture Tropical (CIAT). p 52.

Howeler, R.H. 1985. Potassium Nutrition of Cassava. In: Munson, R.D. (eds.) Potassium in Agriculture. Madison, USA. American Society of Agronomy. pp. 819-841.

Howeler, R.H. 1991. Long-Term Effects of Cassava Cultivation on Soil Productivity. *Field Crop Research*. 26 (1): 1-18.

Howeler, R.H. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. In: R.J. Hillocks, M.J. Thresh dan A.C. Bellotti, eds. *Cassava: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford, UK. CAB International. pp. 115-147.

Howeler, R.H. 2014. Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia: a Reference Manual. Cali. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). pp. 280.

Hugar, G.M., dan V.S. Soraganvi. 2014. Impact of Soil Organic Carbon on Bulk Density and Plasticity Index of Arid Soils of Raichur. India. *International Research Journal of Environment Sciences*. 3 (2): 48-58.

Kaewkamthong, T., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, dan W. Wiriyaakitnatekul. 2014. Alleviation of Soil Compaction Problem for Growing Cassava on a Typic Paleustult, Northeast Thailand. *Asian Journal of Crop Science*. 6 (4): 334-344.

Kok, H., R.K. Taylor, R.E. Lamond, dan S. Kessen. 1996. Soil Compaction Problems and Solutions. Cooperation Extension Service, Manhattan, Kansas. File Code: Crops and Soils 4-6 MS 7-96-5M.

Kurnia, U., M.S. Djunaedi, dan S. Marwanto. 2006. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Penetapan Penetrasi Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. pp. 75-81.

Lowery, B., dan R.T. Schuler. 1994. Duration and Effects of Compaction on Soil and Plant Growth in Wisconsin. *Soil and Tillage Research*. 29 (2): 205-210.

Marjanović, Ž., A. Glišić, D. Mutavdžić, E. Saljnikov, dan G. Bragato. 2015. Ecosystems Supporting *Tuber magnatum* Pico Production in Serbia Experience Specific Soil Environment Seasonality That May Facilitate Fruffle Lifecycle Completion. *Applied Soil Ecology*. 95: 179-190.

- Misra, R.K., A.M. Alston, dan A.R. Dexter. 1988. Root Growth and Phosphorus Uptake in Relation to the Size and Strength of Soil Aggregates. Experimental studies. Soil and Tillage Research. 11 (2): 103-116.
- Nadi, O. dan R. Lal. 1987. Effects of Plant Population on Soil Structure, Soil Moisture Depletion and on Yield of Cassava (*Manihot esculenta*) on an Ultisol in Southeast Nigeria. Journal of the Science of Food and Agriculture. 38 (4): 291-302.
- Nainggolan, G.D., S. Suwardi, dan D. Darmawan, 2009. Pola Pelepasan Nitrogen Dari Pupuk Tersedia Lambat (*Slowrelease Fertilizer*) Urea-Zeolit-Asam Humat. Jurnal Zeolit Indonesia. 8 (2): 89-96.
- Nugroho, Y. 2009. Analisis Sifat Fisik-Kimia Dan Kesuburan Tanah Pada Lokasi Rencana Hutan Tanaman Industri PT Prima Multibuana. Jurnal Hutan Tropis Borneo. 10 (27): 222-229.
- Nurida, N.L. dan U. Kurnia. 2009. Perubahan Agregat Tanah Pada Ultisols Jasinga Terdegradasi Akibat Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. Jurnal Tanah dan Iklim. 30: 37-46.
- Phogat, V.K., V.S. Tomar, dan R. Dahiya. 2015. Soil Science: an Introduction. Indian Society of Soil Science. 1 (6): 135-171.
- Pramudita, H.M., W.H. Utomo, dan S. Prijono. 2014. Implementasi Pemeliharaan Lahan Pada Tanaman Ubikayu: Pengaruh Pengelolaan Lahan Terhadap Hasil Tanaman dan Erosi. Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan. 1 (2): 88-92.
- Prasetyo, A., W.H. Utomo, dan Listyorini E. 2014. Hubungan Sifat Fisik Tanah Perakaran dan Hasil Ubi Kayu Tahun Kedua Alfisol Jatikerto Akibat Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik (NPK). Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 1 (1): 27-38.
- Prijono, S., dan Z. Kusuma. 2012. Instruksi Kerja Laboratorium Fisika Tanah. Universitas Brawijaya. Malang.
- Priyono, D. Taniwiryono, D. Santoso, Siswanto, A. Purwantara, dan L.P Santi. 2015. Petunjuk Teknis Budidaya Singkong Sehat. Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia. Bogor.
- Putthacharoen, S., R.H. Howeler, S. Jantawat, dan V. Vichukit. 1998. Nutrient Uptake and Soil Erosion Losses in Cassava and Six other Crops in a Psamment in Eastern Thailand. Field Crops Research. 57: 113-126.
- Rachman, A., A. Dariah, dan E. Husen. 2004. Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng: Olah Tanah Konservasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. pp. 192-213.

Rachman, A., dan A. Abdurachman. 2006. Sifat Fisik Tanah Dan Metode Analisisnya: Penetapan Kemantapan Agregat Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. pp. 67-73.

Radjit, B.S., Y. Widodo, N. Saleh, dan N. Prasetyaswati. 2014. Teknologi Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Keuntungan Usahatani Ubikayu Di Lahan Kering Ultisol. Buletin IPTEK Tanaman Pangan. 9 (1): 51-62.

Rosyidah, E., dan R. Wirosodarmo. 2013. Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh Di 5 Penggunaan Lahan (Studi kasus di Kelurahan Sumpersari Malang. Jurnal Agritech. 33 (3): 340-345.

Sakin, E. 2012. Organic Carbon Organic Matter and Bulk Density Relationships in Arid-Semi Arid Soils in Southeast Anatolia Region. African Journal of Biotechnology. 11 (6): 1373-1377.

Santi, L.P., A. Dariah, dan D. H. Goenadi. 2008. Peningkatan Kemantapan Agregat Tanah Mineral Oleh Bakteri Penghasil Eksopolisakarida. Jurnal Menara Perkebunan. 76 (2): 93-103.

Setyorini, D., S. Rochayati, dan I. Las. 2010. Pertanian Pada Ekosistem Lahan Sawah. Membalik Kecenderungan Degradasi Sumber Daya Lahan dan Air. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. pp. 27-45.

Subandi. 2011. Pengelolaan Hara Kalium Untuk Ubikayu Pada Lahan Kering Masam. Buletin Palawija. 22: 86-95.

Sudaryono. 2017. Teknologi Produksi Ubikayu di Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan. Makalah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang. p. 21

Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik Sebagai Dasar Pengelolaan Tanah Di Lahan Kering Madura. Jurnal Embryo. 5 (2): 176-183.

Tumewu, P., C.P. Paruntu, dan T.D. Sondakh. 2015. Hasil Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Terhadap Perbedaan Jenis Pupuk. Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi 2 (2): 16-27.

Udom, B.E., A.O. Benwari, dan E.T. Osaro. 2015. Organic Carbon and Nitrogen Distribution in Particle-Size Fractions of Soils under Cassava, Plantain and Rubber Based Land Use. International Journal of Soil Science. 10(4): 166-176.

Wahyunie, E. D., D.P.T. Baskoro, dan, M. Sofyan. 2012. Kemampuan Retensi Air dan Ketahanan Penetrasi Tanah Pada Sistem Olah Tanah Intensif dan Olah Tanah Konservasi. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. 14 (2): 73-78.

Whalley, W.R., J. To, B.D. Kay, dan A.P Whitmore. 2007. Prediction of Penetrometer Resistance of Soils with Models with Few Parameters. *Journal Geoderma*. 137: 370-377.

Widodo, Y., H. Kuntastyuti, dan S. Wahyuningsih. 2018, May. Peningkatan Produktivitas dan Biomasa Ubi Kayu pada Berbagai Jenis dan Dosis Pupuk NPK serta Kendala Implementasinya. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*. 2 (1): 65-86.

Wijanarko, A., B.H. Purwanto, dan D. Indradewa. 2017. Perbaikan Kesuburan dan Kualitas Tanah Bekas Ubikayu Melalui Pengembalian Biomassa Kacang Tanah dan Jagung. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 1 (2): 153-163.

Xiao, C. 2015. Soil Organic Carbon Storage (Sequestration) Principles and Management: Potential Role for Recycled Organic Materials in Agricultural Soils of Washington State. *Waste 2 Resources Program, Washington State Department of Ecology, Olympia, Washington, USA*. p. 103.

Yustika, R.D. dan Muchtar. 2015. Status Bahan Organik Tanah dan Ketahanan Penetrasi Tanah pada Sistem Pertanaman Lorong pada Lahan Kering Masam Terdegradasi. *Prodising Seminar Nasional HITI*: 177-182.

