

IMPLEMENTASI PEMELIHARAAN LAHAN BUDIDAYA UBIKAYU MELALUI PERBAIKAN DAN MONITORING KUALITAS TANAH

Nurul Muddarisna¹⁾ dan Sugeng Priyono²⁾

²⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Whisnuwardana, Malang

²⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

Abstract

A field experiment that was aimed to elucidate the effects of application of *Arachis pinto* biomass and farmyard manures on soil quality and cassava yield was conducted at Jatikerto Village, Kromengan District of Malang Regency. Eight treatments tested were 100% NPK inorganic fertilizer, 100 kg N Arachis pinto/ha (PH), (3) 100 kg N chicken farmyard manure/ ha (PA), 100 kg N cow farmyard manure /ha (PS), 100 kg N goat farmyard manure /ha (PK), 100 kg N Arachis pinto + chicken farmyard manure /ha (PH+PA), 100 kg N Arachis pinto + cow farmyard manure /ha (PH+PS), and 100 kg N Arachis pinto + goat farmyard manure /ha (PH + PK). Monitoring of top soil quality (0-20 cm depth) was carried out before planting and 3 months after planting. Soil samples were collected and analyzed for bulk density, porosity, aggregate stability, soil permeability, pH, organic-C, humic acid, nitrogen, phosphorus, potassium, cation exchange capacity, microbial population and nitrogen microbial biomass. Yield of cassava that was based on the number of tuber per plant, was measured at 6 months after planting. Results of this study showed that application of organic fertilizer in forms of green manure (*Arachis pinto* biomass), and farmyard manures significantly improved soil parameters. Application of 50% NPK combined with organic manures did not significantly gave different tuber yield with that of 100% NPK.

Key words: Arachis pinto, farmyard manures, soil quality, cassava

Pendahuluan

Tantangan pengembangan ubikayu di lapangan adalah produksinya yang masih relatif rendah. Berdasarkan data BPS tahun 2005 rentang produktivitas di tingkat petani adalah 14,3-18,8 t/ha. Produktivitas ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan data dari Balai Penelitian yang dapat mencapai 30-40 t/ha (Prihandana *et al.*, 2007). Rendahnya produksi ubikayu pada dasarnya disebabkan oleh sistem

pengelolaannya yang masih tradisional dengan penggunaan masukan (input) yang relatif rendah ditunjang dengan karakteristik tanaman ubikayu yang disinyalir dapat mempercepat penurunan kesuburan tanah.

Ubikayu merupakan tanaman yang memiliki luas kanopi daun yang rendah sehingga dianggap kurang mampu melindungi tanah dari pukulan air hujan dan menjadikan lahan budidaya ubikayu peka terhadap erosi. Ubikayu dianggap juga sebagai tanaman yang

menghasilkan bahan organik yang rendah dan mengangkut hara lebih banyak dibanding tanaman lain. Asumsi tersebut diperkuat dengan adanya kenyataan bahwa lahan ubikayu kebanyakan berada pada lahan-lahan marjinal dengan status kesuburan yang rendah.

Menurut Wargiono *et al.* (2000) area produksi ubikayu umumnya berada di lahan kering yang umumnya didominasi oleh tanah dengan status unsur yang rendah dan bahan organik yang rendah serta rentan terhadap erosi, sementara produksi tanaman sangat tergantung pada curah hujan. Secara umum area produksi ubikayu dikembangkan pada tanah-tanah tipe Alfisol, Ultisol, Entisol dan Inceptisol.

Menghadapi permasalahan tersebut maka untuk mencapai target optimalisasi produksi ubikayu yang berkesinambungan diperlukan suatu sistem pengelolaan yang tepat, yaitu pengelolaan yang diarahkan pada upaya untuk meningkatkan dan mempertahankan kesuburan fisika, kimia dan biologi tanah. Pencapaian produktivitas lahan yang berkesinambungan dapat dilakukan melalui pendekatan konsep pemeliharaan lahan. Implementasi konsep pemeliharaan lahan salah satunya adalah dengan tindakan pemanfaatan bahan organik sebagai bahan pembenah tanah yang diikuti dengan monitoring kualitas tanah.

Bahan organik merupakan suatu indikator satu-satunya yang terpenting dari kualitas dan produktivitas tanah. Larson and Pierce (1996) mengungkapkan bahwa kandungan bahan organik di dalam tanah merupakan salah satu atribut tanah yang memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap produktivitas tanah. Penambahan bahan organik ke dalam

sistem tanah dapat dilakukan dengan pemberian pupuk organik baik pupuk hijau maupun kandang. Pupuk hijau bisa diperoleh dari serasah dan dari pangkasan tanaman penutup tanah (Hairiah *et al.*, 2000). Pangkasan tajuk tanaman penutup tanah dari keluarga kacang-kacangan dapat memberikan masukan bahan organik sebanyak 1,8-2,9 t/ha (umur 3 bulan) dan 2,7-5,9 t/ha untuk yang berumur 6 bulan. Salah satu jenis tanaman penutup tanah yang telah banyak digunakan oleh petani di perkebunan apel di daerah Poncokusuma, Malang adalah *Arachis pintoii* yang dikenal sebagai kacang hias.

Arachis pintoii yang pertama kali dikoleksi oleh G.C.P Pinto pada tahun 1954 ini merupakan salah satu famili leguminosa berupa herba tahunan yang tumbuh menjalar di atas permukaan tanah. Terdapat beberapa manfaat *Arachis pintoii* adalah (1) pengontrol erosi pada usaha tani lahan berlereng melalui penutupan permukaan tanah oleh susunan atau anyaman batangnya sehingga dapat melindunginya dari tenaga mekanis air hujan, (2) makanan ternak dan (3) rehabilitasi lahan (Anonymous, 2008). Penambahan bahan organik dalam bentuk pupuk kandang dapat berupa kotoran hewan ternak termasuk: sapi, kambing ayam dan lainnya baik berupa kotoran padat maupun cair.

Berdasarkan peran dan fungsi pupuk hijau dan pupuk kandang sebagai bahan pembenah tanah (perbaikan sifat fisika kimia dan biologi tanah) dan sebagai sumber hara, maka pemanfaatan pupuk organik dalam implementasi pemeliharaan lahan dapat memberikan solusi dalam rangka mempertahankan produktivitas lahan secara berkesinambungan. Untuk mengetahui terjadinya perbaikan kualitas tanah sebagai pengaruh tindakan implementasi

pemeliharaan melalui penambahan pupuk organik dapat dilakukan dengan kegiatan monitoring perubahan kualitas tanah. Perubahan kualitas tanah meliputi perubahan sifat-sifat mutu (kualitas) tanah yang mencakup sifat fisik, kimia dan biologi tanah. penelitian ini diarahkan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik berupa pupuk hijau *Arachis pinto* dan berbagai macam pupuk kandang (ayam, sapi dan kambing) terhadap perbaikan kualitas fisika, kimia dan biologi tanah serta produksi tanaman disamping untuk mengetahui peranan pemberian pupuk organik dalam mengefisienkan pemakaian pupuk NPK.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada bulan Nopember 2008 sampai dengan bulan Juni 2009 di Desa Jatikerto, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang. Tanah lokasi penelitian termasuk dalam order Alfisol. Karakteristik tanah adalah sebagai berikut: kandungan bahan organik 0,8%, kandungan N-total 0,11%, KTK 15,2 cmol/kg, kandungan P 8,86 mg/kg, kandungan K 0,76 cmol/k, berat isi tanah 1,18 g/cm³, porositas 50%, permeabilitas 1,06

cm/jam, agregat sangat mantap (2,38 mm).

Tanaman ubikayu varietas lokal *tambak urang* yang berumur genjah dengan potensi produksi 20-25 t/ha, ditanam pada petak percobaan ukuran 5 m x 6 m dengan jarak tanam 1 x 1 m. Perlakuan yang diujicobakan terdiri atas delapan perlakuan yang disusun dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Delapan perlakuan tersebut adalah (1) 100% pupuk NPK, (2) 100 kg N *Arachis pinto*/ha (PH), (3) 100 kg N pukan ayam/ha (PA), (4) 100 kg N pukan sapi /ha (PS), (5) 100 kg N pukan kambing /ha (PK), (6) 100 kg N *Arachis pinto* + pukan ayam /ha (PH+PA), (6) 100 kg N *Arachis pinto* + pukan sapi /ha (PH+PS), dan (8) 100 kg N *Arachis pinto* + pukan kambing /ha (PH + PK).

Pangkasan *Arachis pinto* berasal dari tanaman yang berumur sekitar 2,5 bulan pada perkebunan apel di Poncokusumo, Malang. Pupuk kandang (pukan) yang digunakan berupa pukan ayam, sapi dan kambing yang diperoleh dari hasil pemanfaatan limbah peternakan petani di sekitar lokasi penelitian. Komposisi pupuk organik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Sifat Kimia Awal Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pupuk Kandang Ayam, Sapi dan Kambing.

No	Komposisi kimia	Pupuk Organik			
		<i>Arachis pinto</i>	Ayam	Sapi	Kambing
1.	pH (H ₂ O)	5,6	7,8	7,9	7,7
2.	C-organik (%)	36,5	13,5	13,8	30
3.	BO (%)	62,1	23	23,5	51
4.	N-total (%)	2,2	2,5	1,3	2,2
5.	C/N	15	6	12	14
6.	P (%)	0,29	0,29	0,30	0,34
7.	K (%)	1,20	3,15	0,84	0,68
8.	Lignin (%)	0,08	0,0202	0,095	0,2976
9.	Polifenol	3,611	3,353	0,4935	3,610

Pupuk NPK dengan dosis 100 kg urea, 50 kg SP36, 50 kg KCl per hektar (50% dosis NPK rekomendasi) diberikan pada semua perlakuan sebagai pupuk dasar. Sebagai kontrol adalah pupuk NPK dengan dosis 200 kg urea, 100 kg SP 36, 100 kg KCl per hektar (100% dosis NPK rekomendasi) tanpa pemberian pupuk organik.

Monitoring kualitas tanah lapisan atas (0-20 cm) dilakukan pada awal percobaan dan 3 bulan setelah aplikasi pupuk organik. Parameter pengamatan kualitas tanah meliputi berat isi, porositas, kemantapan agregat dan permeabilitas tanah, pH, C-organik, asam humus, N, P, K dan KTK, kepadatan populasi mikroba, dan biomasa mikroba. Hasil ubi kayu (jumlah umbi per pohon) diamati pada umur 6 bulan setelah tanam. Data pengamatan yang diperoleh sebagai hasil pengaruh perlakuan terhadap berbagai parameter kualitas tanah (fisika, kimia dan biologi tanah) dan produksi tanaman selama dalam penelitian dilakukan dengan analisis ragam dan uji Duncan pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Kualitas Fisika Tanah

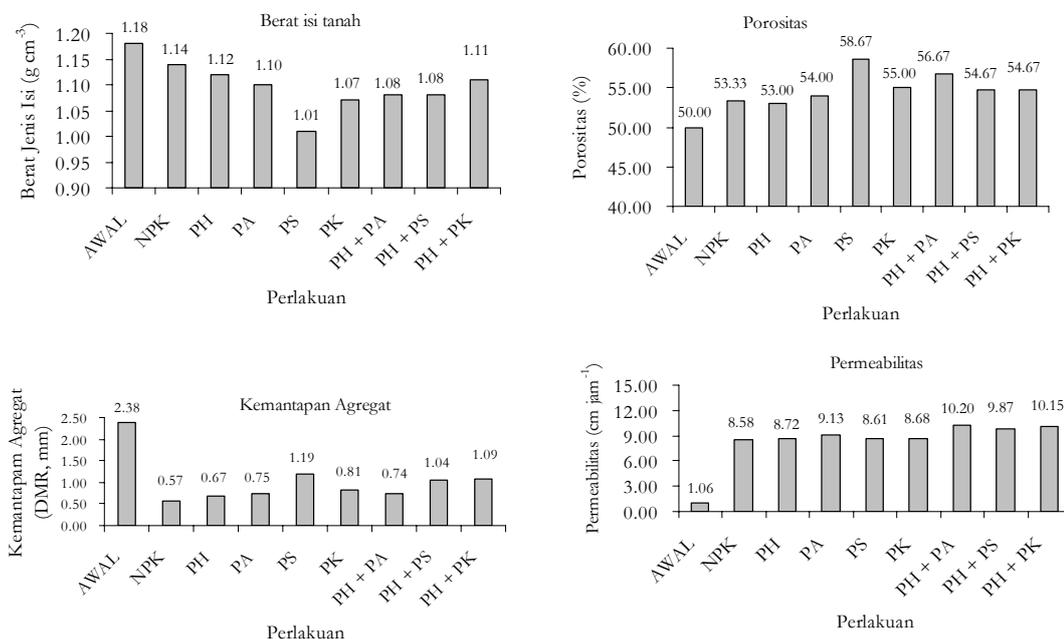
Pemberian pupuk hijau *Arachis pintoi* dan berbagai macam pupuk kandang memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap penurunan berat isi tanah, peningkatan porositas tanah, meningkatkan kemantapan agregat tanah, dan meningkatkan permeabilitas tanah.

Dibandingkan kualitas tanah awal, berat isi (BI) tanah turun 3,3 %-11 %, porositas tanah meningkat 6% - 17% (Gambar 1). Hasil penelitian Dariah dan Rahman (1989) menunjukkan bahwa penggunaan mulsa berupa hijauan alley

maupun pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik tanah, antara lain: bobot isi semakin rendah, meningkatkan ruang pori total dan pori drainase cepat selanjutnya dapat meningkatkan aerasi tanah. Pemberian pupuk kandang dan pupuk hijau: *F. congeta* dan *Gliricidia sp* pada dosis 20 t/ha menghasilkan nilai BI yang lebih rendah, berturut-turut: 0,87; 0,85 dan 0,86 g/cm³ dibanding dengan kontrol (0,93 g/cm³). Jamilah (2003) menyatakan pemberian pupuk kandang sebanyak 75 t/ha/tahun selama 6 tahun berturut-turut dapat meningkatkan 4% porositas tanah, 14,5% volume udara tanah pada keadaan kapasitas lapangan dan 33,3% bahan organik serta menurunkan kepadatan tanah 3%.

Kemantapan agregat tanah pada seluruh perlakuan menurun akibat pengolahan tanah dan pertumbuhan tanaman. Penurunan terbesar (70%) terjadi pada perlakuan NPK, sedangkan penurunan terendah terhadap perlakuan PS; yang dapat mempertahankan kemantapan agregat tertinggi (1,19 mm) (Gambar 1). Kemantapan agregat suatu tanah terhadap gaya-gaya yang merusak struktur tanah sangat dipengaruhi oleh keberadaan sejumlah bahan pengikat dan pemantap agregat yaitu senyawa organik (Soepardi (1983).

Permeabilitas tanah meningkat dari 1,06 cm/jam di awal percobaan menjadi 8,6-10,2 cm/jam (Gambar 1). Kombinasi pupuk hijau dan pupuk kandang menghasilkan permeabilitas yang lebih tinggi dibanding pemberian pupuk kandang atau pupuk hijau secara tunggal. Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk meneruskan air atau udara yang diukur sehubungan dengan laju aliran air melalui tanah dalam suatu massa waktu (Foth, 1994).



Gambar 1. Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pukan Ayam, Sapi dan Kambing terhadap Berat Isi, Porositas, Kemantapan Agregat dan Permeabilitas tanah

Kualitas Kimia Tanah

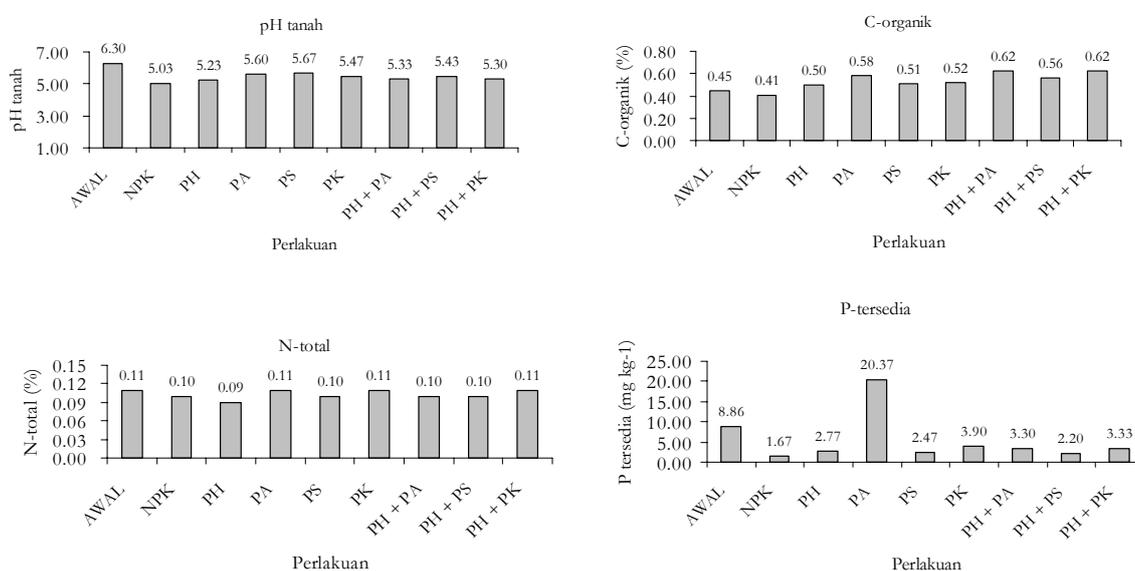
Perlakuan pemberian pupuk organik berupa pupuk hijau *Arachis pinto* dan berbagai macam pupuk kandang (ayam, sapi dan kambing) mengakibatkan perubahan nyata ($\alpha = 0,05$) kualitas tanah. Dibandingkan dengan kualitas awal, pH tanah menurun 10% (perlakuan PS) sampai dengan 20% (perlakuan NPK) (Gambar 2). Menurut Atmojo (2003) pengaruh penambahan bahan organik terhadap pH tanah dapat meningkatkan atau menurunkan pH tergantung oleh tingkat kematangan bahan organik yang kita tambahkan dan jenis tanahnya. Penambahan bahan organik yang belum masak (misal pupuk hijau) atau bahan organik yang masih mengalami proses dekomposisi, biasanya akan menyebabkan asam-asam organik yang menyebabkan menurunnya pH tanah. Menurut Winarso (2005) pemupukan N dengan frekuensi atau dengan dosis yang lebih

besar dapat menyebabkan pemasaman tanah. Pupuk amonium dosis tinggi dapat menurunkan satu unit pH dalam periode 3 sampai 4 minggu, karena oleh reaksi nitrifikasi (pengubahan amonium, NH_4 cepat menjadi nitrat, NO_3 dan melepaskan H^+ , sehingga tanah menjadi masam. Kadar C-organik tanah meningkat 11% (PH) sampai dengan 38% (PH+PAS), tetapi pada perlakuan NPK, kadar C-organik turun 9%. Perbedaan komposisi pupuk organik juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap perbedaan kandungan asam humus tanah. Winarso (2005) menjelaskan bahan organik didalam tanah akan terus menerus terdekomposisi oleh mikroorganisme ke dalam bentuk asam-asam organik, CO_2 dan air, senyawa pembentuk karbonat. Senyawa asam karbonat bereaksi dengan Ca dan Mg karbonat di dalam tanah untuk membentuk bikarbonat yang larut, yang bisa tercuci keluar yang akhirnya meninggalkan tanah lebih

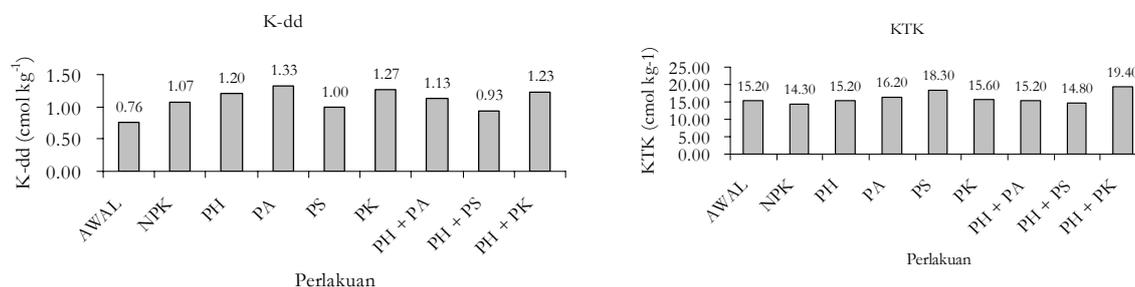
masam. Pemberian pupuk organik berpengaruh nyata terhadap N-total dan P-tersedia, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap K-dd tanah (Gambar 3). Dibandingkan kualitas tanah awal, perlakuan PA, PK dan (PH+PK) tidak menyebabkan penurunan kandungan N total. N-total, P-tersedia dan K-dd tertinggi dihasilkan dari perlakuan pupuk kandang ayam berturut-turut:

0,11% N, 20,4 mg P/kg dan 1,33 cmol/kg.

Hasil terendah N-total tanah diperoleh dari perlakuan pupuk hijau (PH) 0,09%, sementara P-tersedia terendah diperoleh dari perlakuan NPK 100% (tanpa pupuk organik) sedangkan K-dd antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.



Gambar 2. Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pupuk kandang Ayam, Sapi dan Kambing terhadap pH, C-organik, N-total dan P-tersedia tanah.



Gambar 3. K-dd dan KTK Tanah sebagai Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pupuk kandang Ayam, Sapi dan Kambing

Perlakuan pemberian bahan organik berupa pupuk hijau *Arachis p* dan pupuk kandang: ayam, sapi dan kambing mampu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah sampai 27%. Secara deskriptif tanah yang diberi pupuk organik berupa pupuk hijau dan atau pupuk kandang memiliki KTK yang lebih tinggi dibanding dengan yang tanpa dilakukan penambahan bahan organik (perlakuan 100% NPK anorganik).

Pemberian bahan organik berupa pupuk hijau *Arachis pintoi* dan atau pupuk kandang (ayam, sapi dan kambing) memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap KTK tanah. Penyediaan hara N, P, K sebagai pengaruh penambahan bahan organik ke dalam sistem tanah terjadi melalui serangkaian proses dekomposisi bersifat spesifik dengan melibatkan peran sejumlah mikroorganisme yang memanfaatkannya sebagai sumber energi dengan hasil samping pelepasan unsur hara yang terkandung dalam bahan organik.

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses dekomposisi dan mineralisasi, berkisar dalam skala hari sampai tahun, tergantung secara luas pada: 1) kondisi lingkungan tanah dan 2) kualitas bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah sebagai sumber makanan mikroorganisme. Kondisi lingkungan yang mendukung kecepatan dekomposisi dan mineralisasi adalah pH netral, kelembaban tanah cukup, aerasi yang baik (60% pori tanah terisi air), temperatur hangat (25 – 30%). Kondisi tersebut berkaitan dengan aktivitas mikroba tanah (Brady and Weil, 2002).

Menurut Handayanto dan Hairiah (2007), kualitas bahan organik atau komposisi kimia bahan organik merupakan salah satu faktor penting

yang mempengaruhi kecepatan dekomposisi bahan organik dan sekaligus mempengaruhi kecepatan pelepasan senyawa-senyawa yang dikandungnya. Kualitas bahan organik berkaitan dengan penyediaan unsur N ditentukan oleh besarnya kandungan N, lignin dan polifenol. Bahan organik dikatakan berkualitas tinggi bila kandungan N tinggi, konsentrasi lignin dan polifenol rendah (Hairiah *et al.*, 2000).

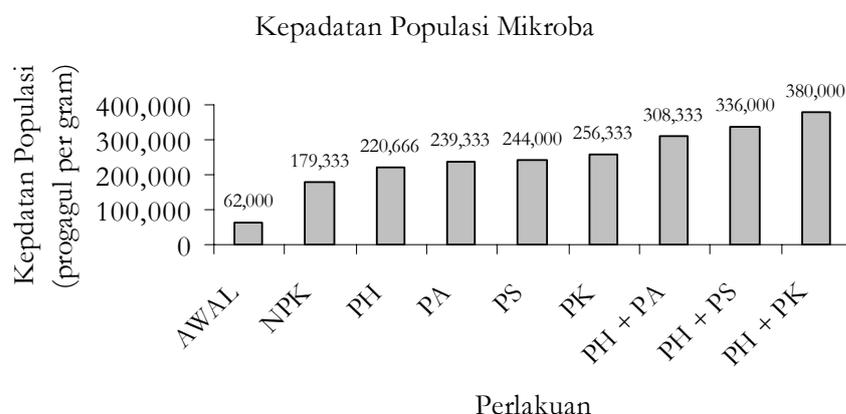
Kualitas Biologi Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pupuk organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kepadatan populasi mikroba tanah. Peningkatan tertinggi dicapai melalui penambahan PH+PK, dan yang terendah pada perlakuan NPK (Gambar 3).

Penambahan bahan organik ke dalam tanah akan memberikan perubahan yang besar terhadap jumlah dan kegiatan jasad mikro dalam tanah, dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Peningkatan aktivitas jasad mikro dengan adanya penambahan bahan organik sebagai sumber energinya diindikasikan dengan pembebasan sejumlah CO₂ dan energi (Soepardi, 1983).

Produksi Ubikayu

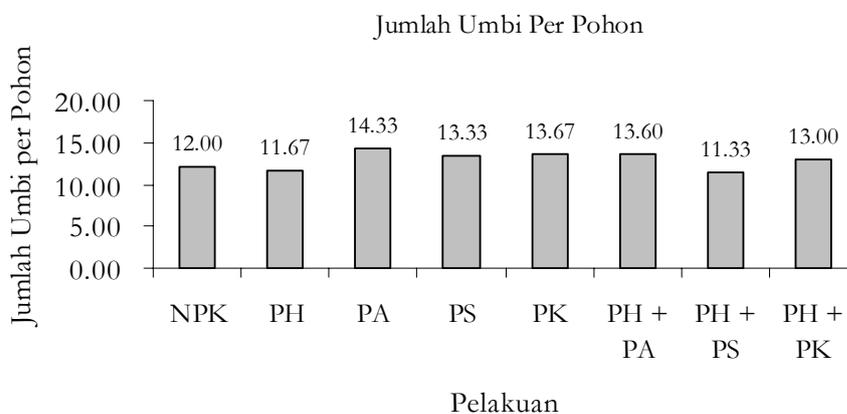
Perlakuan pemberian berbagai macam pupuk organik tidak berpengaruh nyata terhadap produksi ubikayu (jumlah umbi per pohon). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan kualitas berbagai macam pupuk organik yang dipakai dalam penelitian yang berupa pupuk hijau, pupuk kandang ayam, sapi dan kambing belum mampu menunjukkan perbedaan hasil yang berarti.



Gambar 3. Kepadatan Populasi Mikroba sebagai Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pupuk kandang Ayam, Sapi dan Kambing.

Walaupun secara uji statistik tidak berbeda nyata perlakuan pupuk kandang ayam (PA) menghasilkan rata-rata jumlah umbi per pohon tertinggi sebesar 14 umbi, diikuti pakan kambing (PK) 13,67 umbi, pupuk hijau dan

pukan ayam (PH + PA) 13,60 umbi, pakan sapi (PS) 13,33 umbi, pupuk hijau dan pakan kambing (PH + PK) 13,00 umbi, pupuk NPK 12,00 umbi, dan terendah pupuk hijau (PH) 11,67 umbi (Gambar 4).



Gambar 4. Jumlah Umbi Per Pohon sebagai Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau *Arachis p* dan Pupuk kandang Ayam, Sapi dan Kambing.

Hal ini selaras dengan hasil penelitian Mayadewi (1997) bahwa pupuk kandang ayam lebih dapat meningkatkan hasil jagung manis serta menurunkan berat kering gulma bila dibandingkan dengan

pupuk kandang kambing dan pupuk kandang sapi. Sementara hasil penelitian Ammanulloh *et al.* (2006) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam yang telah dikomposkan sebanyak 10

t/ha memberikan hasil tertinggi terhadap pertumbuhan dan produksi ubikayu. Beberapa hasil penelitian aplikasi pupuk kandang ayam selalu memberikan respon tanaman yang terbaik pada musim pertama. Hal ini terjadi karena pupuk kandang ayam lebih cepat terdekomposisi disertai mempunyai kadar hara yang cukup tinggi dibanding dengan jumlah berat yang sama dengan pupuk kandang lainnya termasuk sapi dan kambing (Hartatik dan Widowati, 2008).

Kesimpulan

Pemberian pupuk organik berupa pupuk hijau *Arachis pintoii* dan pupuk kandang ayam, sapi dan kambing dapat meningkatkan kadar C-organik tanah 11%-26% kandungan C-organik tanah; menurunkan berat isi tanah sebesar 3,3%-11%; meningkatkan porositas tanah pada kisaran 6%-17%; memantapkan agregat tanah pada kisaran 0,67 mm-1,19 mm dari agregat awal 2,38 mm; meningkatkan permeabilitas pada kisaran 8,6 cm/jam-10,2 cm/jam dari permeabilitas awal 1,06 cm/jam; menurunkan pH 9%-17%; meningkatkan KTK tanah sampai 27%. Pemberian pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap penurunan berat isi, peningkatan porositas, dan kemandapan agregat sementara pupuk kandang ayam memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap ketersediaan unsur hara N,P K dan jumlah umbi per pohon. Perlakuan NPK 100% menghasilkan kualitas fisika, kimia dan biologi tanah yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan pemberian pupuk organik. Pengurangan pupuk NPK 50% yang disertai dengan pemberian pupuk organik memberikan hasil produksi

(jumlah umbi per pohon) yang tidak berbeda nyata dengan NPK 100%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Infofood Sukses Makmur Tbk, atas bantuan dana penelitian melalui Indofood Riset Nugraha.

Daftar Pustaka

- Amanullah, M.M, A. Alagesan, K. Vaiyaputri, K. Pazhanivelan and K. Sathyamoorthi. 2006. Intercropping and Organic Manure On Growth and Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crants), Reserach Journal Of Agriculture and Biologi Science, 2 (5): 183 – 189.
- Anonymous. 2008. Kacang Hias (*Arachis pintoii*). Available at http://balittanah.litbang.deptan.go.id/idex.php?option=com_conten, verified 3 Juni 2008.
- Atmojo, S.W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. available at <Http://Suntoro.staff.UNS.ac.id/>. Verified 9 Juli 2009.
- Brady, N.C, and R.R, Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall. Upper Sddle River. New Jersey. p. 498 – 542.
- Dariah, A dan R. Rahman. 1989. Pengaruh Mulsa Hijauan Alley dan Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung serta Beberapa Sifat Fisik Tanah. Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah Bidang Konservasi. Puslitannak. Bogor. p. 99 – 106
- Foth, H.D. 1994. *Dasar Dasar Ilmu Tanah* (diterjemahkan oleh Adisoemarto, S). Penerbit Airlangga. Jakarta. pp. 374.
- Hairiah, K, S.R. Utami, B. Lusiana dan M. Van Nooderwijk. 2000. Neraca Hara dan Karbon Dalam Sistem Agroforestry. Lecture Note 6. pp. 19. Tidak dipublikasikan.

- Handayanto, E dan K, Hairiah. 2007. Biologi Tanah. Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. Pustaka Adipura. Yogyakarta. pp. 194
- Hartatik, W. dan Widowati. 2009. Pupuk kandang. available at <Http://balittanah.litbang.Deptan.go.id/>, verified 4 Juli 2009.
- Jamilah. 2003. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Kelengasan Terhadap Perubahan Bahan Organik dan N-total Entisol. available at <Http://library.Usu.ac.id>. verified 30 juni 2009.
- Larson, W.E. and F.J. Pierce. 1996. Conservation and Enhancement of Soil Quality. The Soil Quality Concept. Edited by The Soil Quality Institute. United States Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service. p. 11 – 38.
- Mayadewi, N.A. 2007. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis, *Agritrop* 26 (4), 2007.
- Prihandana, R, K. Noerwijayati, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi dan R. Hendroko. 2007. Bioetanol Ubi Kayu. Bahan Bakar Masa Depan. Agromedia Pustaka. Jakarta. pp: 188.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Proyek Peningkatan Pengembangan Perguruan Tinggi IPB. Bogor. pp. 591.
- Wargiono, J, Y. Widodo dan W.H. Utomo. 2000. Cassava Agronomy Research and Adoption of Improved Practices In Indonesia- Major Achievements During The 20 Years. Proc. Of The Sixth Regional Workshop. Ho Chi Mint City. Vietnam. p:259 – 278.
- Winarso, S. 2005. Kesuburan Tanah; Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Gava Media. Yogyakarta. pp. 269.