

PENGARUH LIMBAH BIOGAS SAPI TERHADAP KETERSEDIAAN HARA MAKRO-MIKRO INCEPTISOL

Sari Widya Utami¹⁾, Bambang Hendro Sunarminto²⁾ dan Eko Hanudin²⁾

¹⁾Mahasiswa Pascasarjana Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Hp. 085642844241
E-mail: sari_widyautami@yahoo.com

²⁾Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Effect of Cattle Sludge on Macro-Micro Nutrient Availability of Inceptisol (Sari Widya Utami, Bambang Hendro Sunarminto and Eko Hanudin): Objective of this research to know the effect of cattle sludge application on N, P, K, Fe, Mn, Zn and Cu availability of Inceptisol that had been cultivated intensify. Cattle sludge that used, consisted by 2 form; solid and liquid (slurry) form. The experiment was arranged Completely Block Randomized Design (CRBD) with 3 replicates of 2 factors combination. The first factor was dose of solid sludge consisted 2 levels were 0 ton/ha (P0) and 5.4 ton/ha (P1). The second factor was dose of slurry consisted 4 levels, were 0 liter/ha (D0), 500 liter/ha (D1), 1000 liter/ha (D2), 1500 liter/ha (D3). Variables were observed some soil chemical characteristic such as pH, EC, C-organic, CEC, total N, availability of P, availability of K, availability of Fe, availability of Mn, availability of Zn and availability of Cu. Data were analysed by F test and if there were significant effect then continued by using Duncan's Multiple Range Test ($\alpha = 5\%$). Result of this research showed gave solid sludge as much 5.4 ton/ha was able to increase pH, C-organic and total N. Gave slurry was not able to increase macro and micro nutrient availability of Inceptisol.

Keywords: Cattle sludge, Inceptisol, macro-micro nutrient

PENDAHULUAN

Inceptisol merupakan salah satu jenis tanah yang relatif subur. Tanah subur akan produktif jika dikelola dengan tepat, menggunakan teknik pengelolaan dan jenis tanaman yang sesuai (Agus, 2010). Selanjutnya Sutanto (2002) menyatakan bahwa produktivitas tanah dapat ditingkatkan hanya melalui pengelolaan lahan, tanah dan tanaman secara terpadu. Tanah yang dikelola secara intensif dengan pemberian pupuk kimia yang terus menerus dapat mengalami degradasi yang menyebabkan penurunan kesuburan tanah.

Parameter kesuburan tanah standar (pH tanah, kadar bahan organik, N total, P

J. Tanah dan Air, Vol. 14, No. 2, 2017: 50-59
ISSN 1411-5719

tersedia dan K tersedia) merupakan faktor yang sangat penting dalam hubungannya dengan pertumbuhan tanaman, produksi tanaman, serta fungsi dan keragaman mikroorganisme tanah (Winarso, 2005). Menurut hukum minimum Liebig: "Produktivitas yang akan dicapai suatu lahan akan ditentukan oleh suatu yang keberadaannya paling minimum" (Hanafiah, 2005). Ketersediaan nutrisi yang optimal dalam produksi tanaman dapat dicapai melalui aplikasi pemupukan (Marschner, 1986).

Limbah biogas adalah pupuk organik yang tepat guna dari limbah peternakan untuk produksi pertanian yang berkelanjutan, ramah lingkungan dan bebas

polusi (Rahman *et al.*, 2010). Limbah biogas dapat meningkatkan produksi pertanian karena kandungan hara, enzim dan hormon pertumbuhan yang terdapat didalamnya (Karki, 2001). Pupuk limbah biogas mempunyai manfaat yang sama dengan pupuk kandang yaitu untuk memperbaiki struktur tanah dan memberikan unsur hara yang diperlukan tanaman (Nugroho, 2012).

Limbah biogas kaya akan unsur hara seperti nitrogen, fosfor dan material organik yang bernilai lainnya (Seleiman, 2012). Limbah biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk padat dan pupuk cair. Parnata (2004) menyebutkan bahwa pupuk organik cair adalah pupuk yang kandungan bahan kimia anorganik maksimum 5% sehingga kandungan NPK pupuk organik cair relatif rendah. Berdasarkan asal bahannya, POC dapat digunakan selektif untuk spesies tanaman tertentu atau pada usia pertumbuhan dan perkembangan tanaman (IFOAM, 1998).

Pemanfaatan limbah biogas sapi untuk meningkatkan kesuburan tanah belum banyak dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah biogas sapi terhadap keharaan N, P, K, Fe, Mn, Zn dan Cu Inceptisol yang sudah dikelola secara intensif.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan percobaan lapangan yang dilaksanakan di Kebun Percobaan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (KP4) UGM di Kalitirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta. Analisis tanah dan limbah biogas sapi dilaksanakan di Laboratorium Tanah Umum dan Kesuburan Tanah Kuningan Fakultas Pertanian UGM. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juli 2013 sampai dengan April 2014.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat dan cair dari biogas sapi, tanah Inceptisol Kalitirto, benih jagung manis (varietas *sweet boy*),

bahan-bahan kimia untuk analisa tanah dan pupuk. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk penelitian di lapang dan alat-alat untuk analisis di laboratorium.

Limbah biogas sapi yang digunakan adalah limbah biogas sapi Bali yang keluar dari digester di KP4 UGM, yang dipisahkan antara limbah padat dan cairnya. Limbah cair biogas sapi Bali didapatkan dari penyaringan limbah biogas yang keluar dari digester yang kemudian ditambahkan starter berupa urin sapi dan difermentasi selama 10 hari. Pupuk limbah biogas padat dan cair sapi Bali diaplikasikan ke tanaman jagung manis untuk menguji keefektifan pupuk tersebut.

Dosis pupuk limbah biogas padat ditentukan berdasarkan kandungan hara dalam pupuk, status hara tanah dan dosis rekomendasi untuk tanaman jagung manis. Data hasil analisis sifat kimia N, P, K tanah Inceptisol adalah 0,1% N (rendah), 16,31 ppm P (tinggi) dan 0,09 cmol(+)/kg K (sangat rendah). Data hasil analisis sifat kimia N, P, K limbah biogas sapi Bali adalah 1,85% N; 1,04% P dan 0,99% K. Rekomendasi pemupukan untuk jagung manis adalah urea 300 kg/ha, SP36 150 kg/ha dan KCl 50 kg/ha (Ziraida, 2010). Szymanek *et al.* (2006) menyampaikan bahwa dosis rekomendasi N untuk tanaman jagung manis adalah 100 - 150 kg N/ha. Kebutuhan hara N, P, K tanaman jagung manis yaitu pada level N medium, P rendah dan K medium (Jones, 1998). Devkota (2013) menyampaikan bahwa level medium pada tanaman jagung adalah 100 kg N/ha.

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan faktorial lengkap yang terdiri dari 2 (dua) faktor yaitu dosis limbah padat biogas sapi dan dosis limbah cair biogas sapi. Berdasarkan perhitungan kebutuhan limbah padat biogas pada Tabel 1, dosis limbah padat biogas ditetapkan sebesar 5,4 ton/ha, sehingga perlakuan pupuk limbah biogas padat terdiri dari 2 aras yaitu P1 = tanpa pupuk limbah padat biogas

Tabel 1. Perhitungan kebutuhan limbah padat biogas

Hara	Rekomendasi	Konversi	Kebutuhan pupuk limbah biogas padat
Ziraida, 2010			
N	300 kg urea	138,9 kg N	$= \frac{138,9 \text{ kg}}{18,5 \text{ kg}} \times 1 \text{ ton} = 7,51 \text{ ton/ha}$
P	150 kg SP36	54 kg P ₂ O ₅	$= \frac{54 \text{ kg}}{10,4 \text{ kg}} \times 1 \text{ ton} = 5,19 \text{ ton/ha}$
K	50 kg KCl	31,6 kg K ₂ O	$= \frac{31,6 \text{ kg}}{9,9 \text{ kg}} \times 1 \text{ ton} = 3,19 \text{ ton/ha}$
Rata-rata			5,30 ton/ha
Szymanek (2006); Devkota (2013)			
N	100 kg N		$= \frac{100 \text{ kg}}{18,5 \text{ kg}} \times 1 \text{ ton} = 5,41 \text{ ton/ha}$
Dosis limbah biogas padat			$= \frac{(5,3 + 5,41) \text{ ton/ha}}{2} = 5,36 \text{ ton/ha}$ $\approx 5,4 \text{ ton/ha}$

(dosis 0 ton/ha) dan P2 = pupuk limbah padat biogas dosis 5,4 ton/ha. Aplikasi pupuk limbah cair ini adalah 1 liter pupuk diencerkan dengan 5 liter air. Dosis limbah cair biogas terdiri dari 4 aras yaitu: D0 = 0 liter/ha, D1 = 500 liter/ha, D2 = 1000 liter/ha, D3 = 1500 liter/ha. Berdasarkan kedua faktor tersebut maka diperoleh 8 kombinasi perlakuan yaitu: P0D0, P0D1, P0D2, P0D3, P1D0, P1D1, P1D2, P1D3. Jumlah pengulangan ditentukan sebanyak tiga kali, sehingga dalam percobaan ini didapatkan 24 petak percobaan. Rancangan lingkungan diatur dengan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL).

Parameter yang diamati yaitu beberapa sifat kimia tanah yaitu pH H₂O dengan pH meter, Daya Hantar Listrik (DHL) dengan konduktometer, C-organik tanah dengan metode Walkey & Black, N total tanah dengan metode Kjeldahl, P tersedia Olsen dengan spektrofotometer, K tersedia tanah dengan flamefotometer, unsur mikro tersedia (Fe, Mn, Zn, Cu) dengan ekstrak DTPA pH 7,3 yang diukur dengan AAS.

Analisis data menggunakan uji keragaman Fisher. Apabila nilainya berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata menurut Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah yang Digunakan dalam Penelitian

Hasil analisis beberapa sifat kimia Inceptisol Kalitirto yang digunakan disajikan pada Tabel 2. Tanah memiliki pH agak masam, DHL sangat rendah, kandungan C organik sedang, Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) tanah rendah, kadar N total rendah, kadar P tersedia tinggi, K tersedia sangat rendah. Nisbah C/N tergolong tinggi dan kandungan hara mikro tersedia (Fe, Mn, Zn dan Cu) tergolong rendah.

Nilai pH tanah yang mendekati netral (6,46) menyebabkan unsur hara khususnya hara makro lebih tersedia bagi tanaman, yang salah satunya ditunjukkan dengan kandungan P tersedia yang tinggi (Tabel 2). Nilai DHL yang sangat rendah disebabkan oleh tekstur tanah yang didominasi oleh pasir. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan fraksi lempung pada tanah Inceptisol Kalitirto sangat sedikit yaitu 9%, fraksi debu 18% dan fraksi pasir 73% (Tiodora, 2013). Hal ini menyebabkan kation-kation basa mudah mengalami *leaching* yang mengakibatkan rendahnya nilai DHL tanah.

Tabel 2. Karakteristik sifat kimia tanah Kalitirto, Berbah, Sleman

Parameter	Satuan	Nilai	Harkat
pH H ₂ O		6,46	Agak masam
DHL	mS	0,4	Sangat rendah
C-organik	%	2,32	Sedang
C/N		23,2	Tinggi
KPK	cmol(+).kg ⁻¹	15,93	Rendah
N total	%	0,1	Rendah
P tersedia	ppm	16,31	Tinggi
K tersedia	me/100g	0,08	Sangat rendah
Fe tersedia	ppm	42,61	Rendah *
Mn tersedia	ppm	59,53	Rendah *
Zn tersedia	ppm	0,95	Sangat rendah *
Cu tersedia	ppm	8,04	Sedang *

Keterangan: Harkat disesuaikan dengan Balitan (2009), * harkat berdasarkan Cottenie *et al.* (1982), PPT (1982), Batey *cit.* Landon (1984) dan Blackmore *et al.* (1987)

Kandungan C-organik pada Inceptisol Kalitirto termasuk sedang (2,32%), hal ini menunjukkan bahwa bahan organiknya belum banyak terdekomposisi. Diduga pada penggunaan lahan sebelumnya ada perlakuan penambahan bahan organik yang sulit terdekomposisi. Ini ditunjukkan juga oleh nilai nisbah C/N yang tergolong tinggi (23,2).

Harkat KPK tanah yang rendah diduga disebabkan oleh kandungan lempung yang sedikit. Fraksi lempung merupakan sumber muatan negatif (baik dari kisi mineral maupun dari pinggir mineral) yang dapat mengadsorpsi kation-kation. Selain itu, nilai KPK yang rendah disebabkan juga oleh nilai nisbah C/N yang tinggi. Dengan nilai nisbah C/N yang tinggi berarti bahan organik yang ada belum terdekomposisi sempurna sehingga belum dapat menyumbangkan muatan negatif tanah. Muatan negatif juga disumbangkan oleh bahan organik dengan menyumbangkan muatan negatif melalui gugus-gugus fungsional, terutama gugus hidroksil dan karboksil.

Kandungan N total yang rendah dan K tersedia tanah yang sangat rendah disebabkan penggunaan lahan yang intensif untuk budidaya tanaman, diduga juga disebabkan oleh rendahnya kandungan koloid tanah. Koloid tanah (lempung dan

organik) mampu mengikat hara melalui pengikatan maupun pengkhelatan. Rendahnya pengikatan hara akan menyebabkan rendahnya ketersediaan hara oleh tanaman karena banyak yang hilang akibat terlindi. Selain itu, tekstur tanah yang didominasi oleh fraksi pasir menyebabkan NO₃⁻ dan K⁺ mudah hilang melalui proses *leaching*.

Kandungan P tersedia tanah yang tinggi diduga berasal dari akumulasi pemupukan P dari pupuk anorganik seperti SP36 dan TSP pada budidaya tanaman sebelumnya. Riwayat penggunaan lahan sebelumnya, pola tanam yang dilakukan lahan yang digunakan untuk penelitian digunakan untuk tanaman melon-kedelai-jagung hibrida. Pupuk P yang diberikan dalam pertanaman sebelumnya terakumulasi, menyebabkan kandungan P tersedia yang tinggi.

Kandungan hara mikro tersedia (Fe, Mn, Zn dan Cu) yang rendah dipengaruhi oleh pH tanah yang mendekati netral dan C-organik yang tinggi. Kadar C-organik yang tinggi menyebabkan kandungan bahan organik yang tinggi. Ketersediaan hara makro yang rendah diduga disebabkan unsur-unsur mikro seperti Fe, Mn, Zn dan Cu terikat oleh fraksi humat dan fulfat yang terdapat dalam bahan organik. Jerapan oleh asam humat menyebabkan unsur mikro tidak

larut, sedangkan jerapan oleh asam fulvat memungkinkan unsur mikro masih dapat larut. Seperti yang disampaikan oleh Stevenson (1982), asam fulvat merupakan salah satu jenis bahan humik tanah yang merupakan penyusun bahan organik tanah.

Karakteristik Limbah Padat dan Cair Biogas Sapi Bali

Data Tabel 3 menunjukkan hasil analisis beberapa sifat kimia dari tiga macam limbah biogas sapi. Nilai pH diatas 7, sehingga limbah lumpur digester tersebut bersifat alkalin (basis). Kandungan C-organiknya cukup tinggi yaitu berkisar antara 39,52% dengan nisbah C/N yang tergolong tinggi. Hal ini menunjukkan bahan organiknya belum terdekomposisi dengan sempurna. Kandungan N, P dan K total termasuk rendah dengan kadar air 15,02%. Kandungan Fe cukup tinggi, sedangkan Mn, Zn dan Cu rendah. Limbah lumpur biogas ini mempunyai kemurnian yang tinggi, hal ini terlihat dari tidak adanya bahan ikutan.

Limbah cair biogas sapi Bali yang diperkaya dengan urin sapi mempunyai nilai

pH yang mendekati netral, kandungan hara makro dan limbah cair tersebut juga relatif rendah. Nilai C-organik yang rendah menyebabkan kandungan hara makro yang rendah, walaupun pH mendekati netral. Rendahnya kandungan unsur hara mikro, disebabkan karena tingginya pH yang mendekati netral.

Kandungan N total pupuk organik yang kurang dari 6%, 50 sampai 75% nya adalah N organik, sementara sisanya 25 sampai 50% adalah NH₄ (Havlin *et al.*, 2005). Ketersediaan N bagi tanaman tergantung pada mineralisasi N organik dalam pupuk. Kecepatan dekomposisi bahan organik ditunjukkan oleh perubahan imbalanced C/N. Selama proses mineralisasi, imbalanced bahan yang banyak mengandung N akan berkurang menurut waktu. Kecepatan kehilangan C lebih besar dari pada N sehingga diperoleh imbalanced C/N yang lebih rendah (10 sampai 20). Apabila imbalanced C/N sudah mencapai angka tersebut, artinya proses dekomposisi sudah mencapai tingkat akhir atau kompos sudah matang (Simamora dan Salundik, 2006).

Tabel 3. Karakteristik kimia limbah padat biogas sapi

Parameter	Satuan	Jenis limbah		Standar *)	
		Limbah padat biogas sapi Bali	Limbah cair biogas sapi Bali + urin sapi	Curah	Cair diperkaya
Kadar air	%	15,02		15 - 25%	
Bahan ikutan	%	0		maks 2%	
pH		8,31	6,59	4 s/d 8	4 s/d 8
DHL ()	µS	14,4	5,63		
C	%	39,52	0,25	>12	>4
N	%	1,85	0,05	<6	<2
C/N		21,42	5,00	15 – 25	
P total	%	1,04	0,02	<6	<2
K total	%	0,99	0,07	<6	<2
Cu	ppm	33,68	0,053	0-5000	0-1000
Fe	ppm	6228,54	8,223	0-8000	0-800
Mn	ppm	370,01	1,931	0-5000	0-1000
Zn	ppm	793,38	0,784	0-5000	0-1000

Keterangan: *)Standar Permentan No. 28/Permentan/SR.130/B/2009 tentang Standar Mutu Pupuk Organik

Pengaruh Pemberian Limbah Padat dan Cair Biogas Sapi terhadap Sifat Kimia Tanah

pH, DHL, C-Organik dan KPK Tanah

Pemberian limbah padat biogas sapi secara mandiri mampu meningkatkan pH dan C-organik tanah secara nyata. Pemberian limbah cair biogas tidak mampu meningkatkan pH, DHL, KPK dan C-organik tanah. Interaksi antara limbah padat dan cair biogas sapi berpengaruh nyata terhadap nilai KPK tanah.

Data Tabel 4 menunjukkan pemberian limbah padat biogas sapi sebanyak 5,4 ton/ha dan limbah cair biogas 500 liter/ha mempunyai nilai paling tinggi untuk meningkatkan pH tanah menjadi 6,94. Pemberian limbah padat biogas sapi 5,4 ton/ha secara tunggal mampu meningkatkan pH menjadi 6,86. Peningkatan ini disebabkan limbah padat biogas sapi yang digunakan bersifat alkalis (pH 8,31). Seperti yang disampaikan oleh Hardjowigeno (1995), pupuk yang mempunyai reaksi fisiologis alkalis mempunyai kemampuan untuk mengurangi kemasaman tanah. Pada lahan kering, bentuk N yang tersedia lebih dominan dalam bentuk NO_3^- . Ketika terjadi serapan hara N dalam bentuk tersebut, terjadi pertukaran antara NO_3^- dengan OH^- yang dilepaskan akar tanaman. Hal ini yang menyebabkan peningkatan nilai pH pada lahan tanah yang diberi limbah padat biogas sapi.

Nilai DHL tanah setelah perlakuan tidak berbeda secara statistik baik akibat faktor tunggal maupun faktor interaksi. Akan tetapi secara perbandingan kuantitatif antara nilai DHL sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan, mengalami penurunan dari 0,4 mS menjadi 0,5 – 0,1 mS. Hal ini diduga karena total kation basa tanah cukup rendah dan tanah mempunyai tekstur yang didominasi oleh pasir. Selain itu adanya pengairan dan intensitas hujan yang cukup ketika penelitian berlangsung berpotensi menurunkan nilai DHL tanah melalui mekanisme pelindian kation-kation basa.

Pemberian limbah padat dan cair biogas sapi tidak berpengaruh secara statistik terhadap kadar C-organik tanah. Akan tetapi pemberian limbah padat biogas sapi sebanyak 5,4 ton/ha dan limbah cair biogas 500 liter/ha mempunyai nilai paling tinggi terhadap kadar C-organik sebesar 3,79%. Pemberian limbah padat biogas sapi dosis 5,4 ton/ha mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah dari 2,93% menjadi 3,27%. Hal ini menunjukkan limbah padat biogas sapi ini menjadi sumber bahan organik bagi tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian Li *et al.* (2007), bahwa aplikasi pupuk organik secara signifikan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Peningkatan kandungan bahan organik menyebabkan KPK pun menjadi naik yaitu 18,07 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ pada pemberian limbah padat biogas sapi dosis 5,4 ton/ha. Bahan organik yang terdapat dalam limbah padat biogas menjadi sumber muatan negatif tanah, yang menyebabkan KPK menjadi naik. Peningkatan KPK dapat meningkatkan daya sangga tanah sehingga hara N dan K tidak mudah hilang.

Pemberian limbah cair biogas sapi tunggal tidak mampu berpengaruh terhadap pH, DHL, C-organik dan KPK tanah. Akan tetapi secara kuantitatif, pemberian limbah cair biogas sebanyak 500 liter/ha mempunyai nilai yang paling tinggi pada parameter C-organik dan KPK tanah yaitu 3,38% dan 17,42 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$, kemudian menurun seiring dengan peningkatan dosis.

Nitrogen Total, P Tersedia, K Tersedia

Interaksi antara pemberian limbah padat dan cair biogas sapi berpengaruh nyata pada kadar N total tanah, tetapi tidak berpengaruh terhadap P-tersedia dan K-tersedia tanah. Pemberian limbah padat biogas sapi secara tunggal hanya mampu meningkatkan kadar N total tanah. Pemberian limbah cair biogas sapi tidak mampu meningkatkan kadar N total, P-tersedia dan K-tersedia tanah.

Tabel 4. Pengaruh pemberian limbah padat biogas dan limbah cair biogas terhadap sifat kimia tanah Inceptisol

Perlakuan	Parameter										
	pH	DHL (mS)	C-organik (%)	KPK cmol(+)kg ⁻¹	N total (%)	P tersedia (ppm)	K tersedia (me/100)	Fe tersedia (ppm)	Mn tersedia (ppm)	Zn tersedia (ppm)	Cu tersedia (ppm)
P0D0	6,25 c	0,10 a	2,76 b	15,85 b	0,12 bc	13,50 b	0,11 ab	37,44 a	60,97 a	1,16 a	6,99 a
P0D1	6,26 c	0,07 a	2,96 b	17,48 ab	0,13 bc	15,78 ab	0,10 ab	44,44 a	60,96 a	1,18 a	7,06 a
P0D2	6,24 c	0,05 a	3,13 ab	17,17 ab	0,10 c	17,48 ab	0,09 b	44,98 a	60,66 a	1,62 a	6,34 a
P0D3	6,37 c	0,08 a	2,87 b	17,17 ab	0,14 bc	13,51 b	0,10 ab	43,91 a	57,63 a	1,50 a	6,73 a
P1D0	6,90 ab	0,07 a	3,30 ab	18,07 a	0,17 ab	13,14 b	0,12 a	32,47 a	53,68 a	1,26 a	6,74 a
P1D1	6,94 a	0,05 a	3,79 a	17,35 ab	0,16 abc	17,63 ab	0,10 ab	36,35 a	52,75 a	1,66 a	7,25 a
P1D2	6,89 ab	0,07 a	3,02 b	16,51 ab	0,22 a	17,84 ab	0,10 ab	37,00 a	59,69 a	1,10 a	7,13 a
P1D3	6,71 b	0,08 a	3,02 b	15,85 b	0,13 bc	19,06 a	0,10 ab	37,86 a	52,87 a	1,87 a	6,60 a
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Faktor P											
P0	6,28 b	0,08 a	2,93 b	16,92 a	0,12 b	15,07 a	0,10 a	43,69 a	60,06 a	1,37 a	6,78 a
P1	6,86 a	0,07 a	3,27 a	16,95 a	0,17 a	16,92 a	0,11 a	35,93 b	54,75 a	1,47 a	6,93 a
Faktor D											
D0	6,57 a	0,08 a	3,03 a	16,96 a	0,14 a	13,23 b	0,11 a	34,96 a	57,33 a	1,21 a	6,89 a
D1	6,60 a	0,06 a	3,38 a	17,42 a	0,15 a	16,70 ab	0,10 a	42,39 a	56,85 a	1,42 a	7,16 a
D2	6,48 a	0,06 a	3,03 a	16,84 a	0,16 a	17,66 a	0,10 a	40,99 a	60,18 a	1,36 a	6,73 a
D3	6,63 a	0,06 a	2,94 a	16,51 a	0,14 a	16,28 ab	0,10 a	40,89 a	55,25 a	1,69 a	6,67 a

Keterangan: Angka-angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan (DMRT) dengan tingkat ketelitian 95%. (-) menunjukkan interaksi tidak nyata.

Tabel 4 menunjukkan kadar N total tanah tertinggi pada perlakuan kombinasi limbah padat biogas sapi 5,4 ton/ha dan limbah cair biogas sapi sebanyak 1000 liter/ha yaitu 0,22%, dan mengalami peningkatan kadar N total tanah sebelum perlakuan sebesar 0,12%. Peningkatan tersebut diduga berasal dari kedua bentuk limbah biogas sapi baik padat maupun cair. Hal ini dapat dilihat dari analisis statistik dimana pemberian limbah padat biogas sapi secara mandiri mampu meningkatkan kadar N total sebesar 0,05% (0,12 - 0,17%). Selain itu pemberian limbah cair biogas sapi sebanyak 1000 liter/ha mempunyai nilai tertinggi (0,16%), dan kemudian mengalami penurunan setelah dosis ditingkatkan, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata.

Peningkatan kadar N total tanah seiring dengan peningkatan kadar C-organik tanah dan KPK tanah. Kadar C-organik tanah yang tinggi menyebabkan bahan organik menjadi tinggi dan merupakan sumber hara dalam tanah. Peningkatan nilai KPK tanah menyebabkan unsur N tidak mudah terlindi, dimana pada tanah yang oksidatif, hara N didominasi dalam bentuk NO_3^- . Menurut Tisdale dan Nelson (1975), mineralisasi N selama 15 minggu, 80% telah dikonversi dalam bentuk NO_3^- pada akhir 3 minggu pertama.

Pemberian limbah padat dan limbah cair biogas sapi secara statistik tidak menunjukkan interaksi yang nyata terhadap kandungan P-tersedia dan K-tersedia tanah. Berdasarkan Tabel 4, kandungan P-tersedia tertinggi didapatkan pada perlakuan pemberian limbah padat biogas sapi 5,4 ton/ha dan limbah cair 1500 liter/ha, sedangkan kandungan K-tersedia tanah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tiap kombinasi perlakuan. Pemberian limbah padat biogas sapi secara tunggal mampu meningkatkan kandungan P tersedia tanah walaupun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan yang tidak diberi

limbah padat biogas sapi. Limbah padat biogas sapi ini menjadi sumber hara P bagi tanaman, sehingga mampu meningkatkan kandungan P-tersedia tanah.

Hara Mikro Tersedia (Fe, Mn, Zn, Cu)

Pemberian limbah padat biogas sapi secara tunggal hanya mempengaruhi ketersediaan Fe tanah, sedangkan limbah cair biogas sapi tidak berpengaruh terhadap ketersediaan empat unsur mikro tersebut. Interaksi antara limbah padat dan limbah cair biogas tidak berpengaruh terhadap ketersediaan unsur mikro tersebut.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian limbah biogas sapi baik dalam bentuk padat maupun cair tidak dapat meningkatkan ketersediaan unsur mikro Fe, Mn, Zn dan Cu dalam tanah. Hal ini diduga karena pH tanah berada diatas 6,0 bahkan ada yang mendekati netral yaitu 6,94. Pada pH tanah yang mendekati netral kelarutan unsur mikro Fe, Mn, Zn dan Cu rendah. Seperti yang disampaikan oleh Marschner (1986), ketersediaan unsur Fe, Mn, Zn dan Cu ini sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Umumnya unsur ketersediaan Fe, Mn, Zn dan Cu tinggi pada pH rendah. Selain itu rendahnya ketersediaan unsur mikro tersebut diduga karena mengalami pengkelatan oleh bahan organik tanah, dimana tanah mempunyai kadar C-organik yang tinggi yaitu pada kisaran 2,76 – 3,79%.

Penambahan bahan organik yang berupa limbah padat biogas sapi menyebabkan ketersediaan unsur mikro tidak meningkat. Apabila dibandingkan dengan kandungan Cu tersedia dan Zn tersedia tanah sebelum perlakuan (Tabel 2), kandungan Cu dan Zn tersedia justru lebih rendah. Penurunan ketersediaan kedua unsur tersebut diduga kuat akibat diserap oleh tanaman dan juga diikat oleh bahan organik. Hal ini disebabkan bahan organik yang berasal dari limbah padat dan cair menyebabkan unsur mikro seperti Zn dan Cu berikatan dengan bahan organik, membentuk ikatan logam-organik. Seperti

yang disampaikan Glendinning (2000), Zn dapat difiksasi oleh fraksi organik pada bahan organik tanah. Selain itu adanya pengaruh anion lain dalam tanah mempengaruhi ketersediaan unsur mikro, dalam hubungan yang antagonistik.

KESIMPULAN

Pemberian limbah padat biogas mampu meningkatkan nilai pH, C-organik dan N total tanah. Walaupun tidak berbeda nyata secara statistik, limbah padat biogas sapi mampu meningkatkan P tersedia, K tersedia dan KPK tanah. Hal ini menunjukkan limbah biogas sapi Bali berpotensi untuk digunakan sebagai pupuk organik. Pemberian limbah cair biogas sapi belum dapat meningkatkan kandungan hara makro-mikro tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, C. 2010. Pengelolaan Bahan Organik; Peran dalam Kehidupan dan Lingkungan. KP4 UGM-BPFE UGM. Yogyakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor. ISBN 978-602-8039-21-5.
- Cottenie, A., Verloo, M., Kiekens, L., Velghe, G and Camerlynck, R. 1982. Chemical Analysis of Plant and Soils. Laboratory of Analytical and Agrochemistry. State University of Ghent. Belgium. 63 p.
- Devkota, M., C. Martius, J.P.A. Lamers, K.D. Sayre, K.P. Devkota, R.K Gupta, O. Egamberdiev, P.L.G. Vlek. 2013. Combining Permanent Beds and Residu Retention with N fertilization Improve Crop Yield and Water Productivity in Irrigated arid Lands under Cotton, Wheat and Maize. *Field Crop Research* 149 (2013) 105-114.
- Glendinning, J.S. 2000. Australian Soil Fertility Manual. Revised edition. National Library of Australia Cataloging-in Publishing Entry. ISBN 0 643 06517 2. CSIRO Publishing. Australia.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta.
- Havlin, J.L., Samuel L. Tisdale, James D. Beaton, Werner L. Nelton. 2005. Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management. Seven edition. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River. New Jersey.
- IFOAM. 1986. Fundamentals of Organic Agriculture: Down to Earth - and Further a Field. 11th IFOAM International Scientific Conference. August 11-15, 1996. Copenhagen. Proceedings Vol 1. Editor: Troels V. Ostergaard. First Published by IFOAM, Tholey-Theley, Germany.
- Karki, K.H. 2001. Response to Bio-Slurry Application on Maize and Cabbage in Lalitpur District. Final Report. Ministry of Science and Technology, Alternative Energy and Promotion Centre.
- Li, B.Y., D.M. Zhou, L. Chang, H.L. Zhang, X.H. Fan, S.W. Qin. 2007. Soil Micronutrient Availability to Crop as Affected by Long-term Inorganic and Organic Fertilizer Applications. *Soil and Tillage Research* 96: 166-177.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. London.
- Nugroho, C. 2012. Macam-Macam Pupuk Organik. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Parnata, A. 2004. Pupuk Organik Cair; Aplikasi dan Manfaatnya. Agromedia Pustaka Jakarta. 111 hal.
- Rahman, S.M.E, Md. Rafiqul I., Md. Muklesur Rahman, Deog Hwan O.H., Chang Six R.A. 2010. The Effect of

- Biogas Slurry on The Production and Quality of Maize Fodder. *Turk J Agric For* 34 (2010) 91-99 © TÜBİTAK doi:10.3906/tar-0902-44.
- Seleiman, M.F., P. Makeela, A. Santanen and F. Stoddard. 2012. Effect of Sludge and Germination and Growth of Bioenergy Crop. *Maataloustieteen Päivät*.
- Simamora, S dan Salundik. 2006. Meningkatkan Kualitas Kompos. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry: Genesis of Soils. Oxford University Press. New York-Oxford.
- Sutanto, R. 2002. Pertanian Organik; Menuju Pertanian Organik dan Berkelanjutan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Szymanek, M., B. Dobrzanski jr, I. Niedziolka, R. Rybczynski. 2006. Sweet Corn; Harvest and Technology, Physical Properties and Quality. B. Dobrzanski Institute of Agrophysic, Polish Academy of Sciences. ISBN: 83-89969-55-6.
- Tiodora, L.M. 2013. Pengaruh Urin Sapi terhadap Ketersediaan dan Serapan N, P, K dan Hasil Cabai Besar pada Inceptisol Kalitirto, Sleman. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tisdale, S and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizer. Third edition. Macmillan Publishing Co. New York.
- Winarso, S. 2005. Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Gaya Media. Yogyakarta.
- Wyn Jones, R.G., Brady, C.J. and Speirs, J. 1979. Ionic and Osmotic Relations in Plant Cells. *In* 'Recent Advances in the Biochemistry of Cereals' (D.L. Laidman and R.G. Wyn Jones, Eds.) pp. 63-103. Academic Press. London and Orlando *dalam* Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. London.
- Ziraida, R. 2010. Usaha Tani Padi dan Jagung Manis pada Lahan Tadah Hujan untuk Mendukung Ketahanan Pangan di Kalimantan Selatan (Kasus di Kecamatan Landasan, Kotamadya Banjarbaru). Prosiding Pekan Serealia Nasional. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Kalimantan Selatan. ISBN: 978-979-8940-29-3.