

EFEK PEMBERIAN RESIDU *SLURRY BIOGAS* TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa chinensis*) SERTA KETERSEDIAAN UNSUR HARA P DAN S PADA *ENTISOL*.

RESIDUAL EFFECTS OF BIOGAS SLURRY ON PLANT GROWTH AND RESULTS PAKCOY (*Brassica rapa chinensis*) AND AVAILABILITY OF NUTRIENTS P AND S ON ENTISOLS.

Ijtihad Purnama¹, R. Sri Tejo Wulan², Ni Wayan Dwiani Dulur²

¹ Alumni Fakultas Pertanian Universitas Mataram

² Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram

Korespondensi: email: tejoyulan07@yahoo.com.

ABSTRAK

Slurry biogas merupakan limbah dari proses ekstraksi gas metan yang bahan utamanya berasal dari campuran kotoran hewan yang telah mengalami proses anaerobik di dalam tabung reaktor. *slurry biogas* mengandung berbagai unsur hara, antibiotik, berbagai hormon dan telah terbukti mampu meningkatkan kualitas kesuburan kimia tanah dan hasil tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek residu pemberian *slurry biogas* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) serta ketersediaan P dan S pada *Entisol*. Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram dengan menggunakan metode eksperimental pada pot percobaan. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan 6 contoh tanah residu perlakuan pemberian *slurry biogas* (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 liter) dan satu contoh residu tanah yang dipupuk NPK sesuai dengan dosis rekomendasi (300 kg/ha Urea, 150 kg/ha SP 36, dan 150 kg/ha KCl). Masing-masing perlakuan dibuat 4 ulangan sehingga diperoleh 28 unit pot percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek residu pemberian *slurry biogas* memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kualitas kimia tanah, pertumbuhan, dan hasil tanaman pakcoy. Perlakuan pemberian *slurry biogas* dengan dosis sebesar 2,5 liter/pot memberikan hasil tertinggi pada variabel pH 6,82, P-tersedia 3,11 ppm, S-tersedia 16,58 ppm, KTK 6,57 me/100 g, C-organik 0,86 % . Sedangkan hasil tertinggi untuk tinggi tanaman 8,85 cm, jumlah daun 19 lembar, berat brangkasan basah 102,7 gram, dan berat brangkasan kering tanaman 8,51 gram diperoleh pada perlakuan penambahan *slurry biogas* dengan dosis 2 liter/pot. Korelasi antara kualitas tanah dengan hasil brangkasan basah dan brangkasan kering tanaman memberikan nilai korelasi yang positif. Hasil korelasi tertinggi diperoleh dari variabel C-organik dengan brangkasan basah ($r=0,93$) dan brangkasan kering ($r=0,83$).

Kata kunci : *Slurry, residual, kualitas tanah, korelasi, tanaman pakcoy.*

ABSTRACT

*Biogas slurry is a waste of methane gas extraction process contains main ingredient of a mixture of animal waste, other agricultural wastes, and water which has undergone anaerobic processes in the reactor tube. Biogas slurry contains a variety of nutrients, antibiotics, hormones and has been shown to improve the quality of soil chemical fertility and crop yields. The aim of this study was to determine the residual effect of provision of biogas slurry on the growth and yield pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) as well as the availability of P and S in Entisol. This research was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, University of Mataram by using experimental methods in the pot experiment. The experimental design used in this research is completely randomized design (CRD) using 6 soil residual that had been treated with dosages of biogas slurry (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 liters) and one residual soil NPK fertilized according to the dosage recommendation (300 kg/ha of urea, 150 kg/ha SP 36, and 150 kg/ha KCl). Each treatment was made 4 replicates in order to obtain 28 units of pot experiment. The results showed that the residual effects of biogas slurry gave a significantly different effect on the quality of soil chemistry, growth, and yield. Biogas slurry treatment administration at a dose of 2.5 liter/pot been of the highest yields on variable pH of 6.82, 3.11 ppm available P, S-available 16:58 ppm, CEC of 6.57 me/100 g, C-organic 0,86%. While the highest yield to 8.85 cm plant height, leaf number 19 pieces, brangkasan wet weight of 102.7 grams, and the weight of dry stover obtained at treatment plants 8,51 gram addition of biogas slurry with a dose of 2 liter/pot. The correlation between the quality of the soil with the results stover wet and dry*

stover crops provide positive correlation value. The highest correlation results obtained from variable C-organic wet stover ($r= 0.93$) and dry stover

Keywords: Slurry, residual, soil quality, correlation, crop pakcoy.

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk dan tingkat laju kelahiran yang masih tinggi di Indonesia berpotensi menimbulkan masalah penyediaan pangan Nasional. Untuk mengatasi tantangan pangan tersebut maka diperlukan ketersediaan lahan yang subur dan luasan lahan yang cukup untuk menjamin produksi bahan pangan secara berkelanjutan. Sementara, fakta lapangan menunjukkan bahwa semakin hari semakin bertambah jumlah lahan yang terdegradasi yang menyebabkan menurunnya kemampuan tanah dalam berproduksi (Firmansyah, 2011). Menurut Dinas Kehutanan NTB (2012) terdapat ± 444.409 hektar lahan terdegradasi yang tersebar di pulau Lombok dan Sumbawa. Sebagian besar lahan-lahan terdegradasi tersebut terdapat pada lahan-lahan pertanian (263.220 hektar) dan selebihnya terdapat pada lahan hutan (181.188 hektar). Tanah-tanah terdegradasi tersebut umumnya telah mengalami kerusakan secara fisik, kimia, dan/biologi. Salah satu faktor penting yang menjadi penyebab kekritisan lahan-lahan tersebut adalah berkurangnya kandungan bahan organik didalam tanah (BOT).

Manfaat bahan organik tanah dalam menjaga kesuburan tanah telah lama diketahui oleh para peneliti dan praktisi pertanian. Menurut Kasno (2009) bahan organik berperan penting dalam: (1) memperbaiki struktur dan granulasi tanah, (2) Membentuk dan memantapkan agregat tanah, (3) meningkatkan kemampuan retensi air dan unsur hara dalam tanah, (4) meningkatkan jumlah muatan listrik di dalam tanah, (5) meningkatkan kemampuan immobilisasi senyawa pencemar yang masuk ke dalam tanah, (6) mensuplai energi dan makanan bagi organisme tanah, dan (7) meningkatkan kemampuan organisme saprofit dalam menekan organisme parasit bagi tanaman. Penambahan bahan organik ke dalam tanah diharapkan akan dapat mengoptimalkan peran positif bahan organik dalam tanah dan merehabilitasi kerusakan tanah. Praktek pemberian bahan organik ke dalam tanah yang dilakukan petani biasanya diaplikasikan dalam bentuk pupuk kandang, pupuk kompos, pupuk hijau, dan, atau pupuk hayati, yang fungsi utamanya adalah untuk mengembalikan kesuburan tanah. Salah satu pupuk organik yang akhir-akhir ini

banyak mendapatkan perhatian di NTB adalah penggunaan *slurrybiogassebagai* sumber pupuk. Meningkatnya perhatian terhadap penggunaan *slurry biogas* tersebut, utamanya disebabkan oleh tersedianya produk *slurry biogas* dalam jumlah yang melimpah sebagai dampak dibangunnya ribuan reaktor biogas rumah di NTB dalam upaya memanfaatkan limbah pertanian untuk pengembangan energi baru terbarukan pada tingkat rumah tangga.

Slurry biogas merupakan limbah dari proses ekstraksi gas metan yang bahan utamanya berasal dari campuran kotoran hewan, limbah pertanian lainnya, dan air yang telah mengalami proses anaerobik di dalam tabung reaktor. Selama ini *slurry biogas* belum dimanfaatkan secara optimal dan sering dipandang sebagai zat pencemar lingkungan; padahal *slurry biogas* mengandung berbagai unsur hara yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman dan perbaikan kesuburan tanah. Menurut BIRU (2011) *slurry biogas* kotoran sapi mengandung: N-total, C/N rasio, bahan organik, K_2O , dan P_2O_5 yang cukup tinggi. HIVOS (2012) melaporkan bahwa dalam *slurry biogas* juga terdapat kandungan unsur hara mikro (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo), kandungan asam organik (asam humat, asam amino, asam lemak), hormon auksin, sitokinin, antibiotik, dan vitamin B-12. Dari uraian tersebut diatas tampak jelas bahwa *slurry biogas* memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sebagai sumber pupuk organik dan atau zat pembenah tanah.

Mengingat *slurry biogas* adalah pupuk organik alam yang kompleks, pemberian *slurry biogas* kedalam tanah diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara makro maupun mikro. Salah satu unsur hara makro terpenting yang ketersediaannya sangat ditentukan oleh penambahan bahan organik adalah unsur hara Nitrogen, fosfor, dan sulfur. Sedangkan unsur hara mikro utamanya adalah tembaga.

Seperti telah diketahui, fosfor (P) merupakan unsur hara esensial kedua terbesar yang dibutuhkan oleh tanaman setelah unsur hara Nitrogen. Fosfor dibutuhkan oleh tanaman untuk: (1) meningkatkan pertumbuhan sel, (2) pembentukan akar halus dan rambut akar, (3) memperkuat batang tanaman, (4) memperbaiki

kualitas tanaman, (5) merangsang pembungaan, pembuahan, pengisian biji/polong, dan (6) memperkuat daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan, atau penyakit (Soepardi, 1983). Selain itu fosfor juga berperan penting dalam sintesa karbohidrat dan menyusun asam amino serta terlibat dalam berbagai proses fisiologi tanaman (Poerwanto, 2003).

Sulfur merupakan salah satu unsur hara esensial sekunder yang dibutuhkan oleh tanaman. Pada umumnya sulfur dibutuhkan tanaman untuk pembentukan asam amino sistin, sistein dan metionin. Disamping itu S juga merupakan bagian dari biotin, tiamin, koenzim A dan glutathionin (Marschner, 1995). Peranan Sulfur pada tanaman yakni merangsang pembentukan akar dan buah serta dapat mengurangi serangan penyakit (Tisdale et al. 1990). Keberadaan dan ketersediaan P dan S dalam tanah sangat ditentukan oleh jenis dan jumlah bahan organik sehingga tingkat kandungan bahan organik yang berbeda-beda didalam tanah diyakini akan memberikan efek yang berbeda-beda terhadap kemampuan tanah dalam menyediakan P dan S bagi tanaman. Untuk itu maka perlu dilakukan kajian tentang efek residual P dan S kaitannya dengan kemampuan *slurrybiogas* dalam menyediakan unsur hara P dan S bagi tanaman dan kemampuan tanah dalam penyediaan P dan S. Dalam penelitian ini akan dikaji tentang efek residual *slurrybiogas* yang difokuskan terhadap penyediaan ketiga unsur hara tersebut menggunakan pakcoy sebagai tanaman indikator.

Pakcoy merupakan sayuran yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dan responsif terhadap ketersediaan unsur hara P dan S. Budidaya pakcoy sangat digemari oleh petani Indonesia karena aspek budidayanya yang mudah dan aspek ekonomi yang menguntungkan. Pakcoy memiliki rasa yang enak dan banyak mengandung serat, vitamin A, vitamin B, vitamin B2, vitamin B6, vitamin C, kalium, fosfor, tembaga, magnesium, zat besi, dan protein. Karena umurnya yang pendek (30) maka dalam satu tahun dapat dilakukan 8-9 kali penanaman dan pemanenan pakcoy.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan 6 contoh tanah dari residu perlakuan *slurry biogas* dan satu contoh residu tanah yang dipupuk NPK sesuai

dengan dosis rekomendasi (300 kg/ha Urea, 150 kg/ha SP 36, dan 150 kg/ha KCl), yaitu:

- SB1: Kontrol (0 liter)
- SB2: *Slurry Biogas* 0,5 liter
- SB3: *Slurry Biogas* 1 liter
- SB4: *Slurry Biogas* 1,5 liter
- SB5: *Slurry Biogas* 2 liter
- SB6: *Slurry Biogas* 2,5 liter
- PB : NPK sesuai dosis rekomendasi

Masing-masing perlakuan tersebut diulang sebanyak 4 kali sehingga akan diperoleh sebanyak 28 unit pot percobaan.

Pelaksanaan percobaan dalam penelitian ini dilakukan mulai dari tahapan persiapan hingga panen dengan rincian tahapan kegiatan sebagai berikut:

Tanah dari sampel perlakuan yang sama akan dicampur secara merata, dikering anginkan, dan ayak lolos mata ayak 2,0 mm. Sampel tanah residual tersebut kemudian ditimbang sebanyak 5 kg dan dimasukkan ke dalam masing-masing pot sesuai dengan perlakuan. Selanjutnya tanah akan diinkubasi selama 14 hari dengan cara menyiram dan menjaga kelembaban tanah pada kisaran lensa kapasitas lapang. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi kesetimbangan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah.

Benih pakcoy yang digunakan dalam penelitian ini adalah pakcoy Cap Panah Merah yang diproduksi oleh PT East West Seed Indonesia yang memiliki umur panen 25-30 HST, daya tumbuh benih sekitar 88 %. Benih disebar merata pada bedengan yang berukuran 1x6 m, dan selanjutnya ditutup tipis dengan tanah. Proses persemaian dan pemeliharaan bibit dilakukan selama 21 hari.

Bibit pakcoy yang telah berumur 21 hari dan dalam kondisi pertumbuhan yang sehat dan homogen selanjutnya ditanam pada pot-pot percobaan yang telah diinkubasikan selama 14 hari. Bibit pakcoy yang digunakan adalah bibit yang memiliki pertumbuhan yang sehat dan homogen. Bibit pakcoy yang sehat mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: (1) batang tegak segar, (2) daun berwarna hijau segar, (3) memiliki jumlah daun sebanyak 3-5 helai, dan (4) tidak terserang hama dan penyakit

Penyiraman dilakukan setiap hari secara terus menerus dengan tujuan untuk menjaga kondisi tanah agar tetap lembab hingga kisaran kapasitas lapang. Untuk menjaga agar permukaan mediatanaman/pertumbuhan tanaman pakcoy agar tidak terganggu maka penyiraman dilakukan

menggunakan sprayer halus. Untuk menjaga kelembaban udara disekitar tanaman pakcoy, di bawah pot-pot percobaan dihamparkan karung goni yang setiap hari a di basahi dengan air untuk menjaga kelembaban udara disekitar tanaman percobaan.

Penyulaman, penyiangan dan pengendalian hama dan penyakit selama penelitian tidak pernah dilakukan karena tanaman pakcoy tidak terganggu oleh gulma ataupun penyakit.

Parameter tanah dilakukan analisis awal dan akhir meliputi: KTK, pH, P-tersedia, S-tersedia, dan C-organik yang di sajikan secara lengkap pada tabel parameter tanah pada tabel 1.

Tabel .1. Parameter dan Metode Analisis Tanah

No.	Parameter	Metode
1	pH	Electrode glass /pH meter
2	P-tersedia	Olsen
3	S-tersedia	Turbidimetri
4	KTK	Pengekstrak ammonium asetat pH 7
5	C-organik (%)	Walkley and Black

Parameter tanaman yang dikaji adalah parameter tinggi tanaman, jumlah daun, berat brangkasan basah dan berat brangkasan kering tanaman, pertumbuhan dan hasil tanaman.

Data hasil percobaan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance (Anova)* pada taraf nyata 5%. Untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan BNJ pada taraf nyata 5%. Pada penelitian ini dilakukan analisis regresi dan korelasi antara kualitas tanah dengan hasil tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Slurry biogas merupakan salah satu sumber bahan organik yang memiliki kandungan unsur hara lengkap baik unsur hara makro maupun mikro. Untuk itu *slurrybiogas* sangat berpotensi dijadikan sebagai sumber pupuk organik. Penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan *slurrybiogas* sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kualitas kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman pakcoy. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan di rumah kaca dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Data dan

hasil penelitian ditabulasikan, dianalisis, dan disajikan dalam tiga sub pokok bahasan sebagai berikut: (1) status kandungan unsur hara tanah, (2) pertumbuhan dan hasil produksitanaman pakcoy, dan (3) regresi dan korelasi sifat kimia tanah dengan hasil tanaman.

Status kandungan unsur hara tanah

Untuk mengetahui efek residul pemberian *slurry biogas* pada kualitas kesuburan kimia maka telah dilakukan analisis tanah sebelum dan sesudah percobaan. Parameter kualitas sifat kimia tanah yang dianalisis adalah sebagai berikut: (1) pH (H₂O), (2) P- tersedia, (3) S-tersedia, (4) C-organik, dan (5) KTK.

pH tanah

pH tanah merupakan salah satu indikator penting sifat kimia tanah. pH tanah sangat menentukan ketersediaan unsur hara dalam tanah dan berpotensi menjadi penyebab keracunan pada akar tanaman. pH tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman umumnya terdapat pada kisaran pH yang sedikit masam dan pH netral (6-7) (Hanafiah, 2013). Data hasil analisis pH tanah sebelum dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. pH tanah

Perlakuan	pH(H ₂ O)			
	Awal	Harkat*	Akhir	Harkat*
SB1 (Kontrol)	6,11	Agak masam	6,05 a	Agak masam
SB2	7,16	Netral	6,70 a	Netral
SB3	7,23	Netral	6,82 a	Netral
SB4	7,30	Netral	6,76 a	Netral
SB5	7,27	Netral	6,84 a	Netral
SB6	7,36	Netral	6,82 a	Netral
PB (Pembanding)	6,06	Agak rendah	6,04 b	Agak masam

*) Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Seperti terlihat pada Tabel 2 tampak bahwa secara umum nilai kandungan C-organik setelah percobaan lebih rendah dibandingkan nilai C-organik sebelum percobaan. Penurunan kadar C-

organik tersebut disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang memanfaatkan senyawa karbon dalam bahan organik untuk memperoleh energi. Pendapat ini didukung oleh Benbi dan Richter (2002) yang mengemukakan bahwa kadar C-organik akan terus menurun dengan terjadinya proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah. Dari Tabel 2 terlihat dengan jelas bahwa peningkatan dosis pemberian *slurry biogas* cenderung menghasilkan kadar C-organik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian *slurry biogas*. Nilai C-organik setelah percobaan berkisar antara 0,32% dan 0,33% pada perlakuan kontrol dan pembanding hingga 0,86% pada perlakuan pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter per pot (SB6). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan antar pemberian dosis *slurry biogas* memberikan hasil yang signifikan terhadap ketersediaan C-organik dalam tanah. Hal ini menunjukkan bahwa efek residual *slurry biogas* hingga berakhirnya penelitian ini masih belum berakhir. Penurunan kadar c-organik dalam tanah relatif konsisten dengan jumlah dosis *slurry biogas* yang diberikan; secara umum semakin tinggi pemberian *slurry biogas* maka semakin tinggi pula tingkat residual kadar C-organiknya. Meskipun perlakuan dosis *slurry biogas* yang diberikan mampu memperbaiki kadar bahan organik, namun tingkat kandungan C-Organik pada tanah yang diteliti masih tergolong sangat rendah.

Fosfor Tersedia

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah banyak. Fosfor berperan penting dalam proses fisiologi tanaman terutama pada reaksi-reaksi enzim, fotosintesis senyawa organik, dan pemindahan energi. Selain itu fosfor juga menjadi bagian penting dalam proses pembentukan jaringan tanaman. Oleh sebab itu menjaga jumlah kandungan fosfor dalam tanah dalam jumlah yang optimal sangat penting untuk menjamin ketersediaan Fospor bagi pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman secara optimal. Kandungan P dalam tanah dikatakan tinggi jika dalam tanah P-tersedia terdapat antara 11-15 ppm, sedang 8-10 ppm, rendah 5-7 ppm, dan sangat rendah < 4 ppm (Balai Penelitian Tanah, 2005). Data hasil analisis P-tersedia tanah sebelum dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. P-tersedia tanah

Perlakuan	P-tersedia tanah (ppm)			
	Awal	Harkat*	Akhir	Harkat*
SB1 (Kontrol)	1,34	Sangat rendah	1,32 e	Sangat rendah
SB2	1,94	Sangat rendah	1,76 cde	Sangat rendah
SB3	2,55	Sangat rendah	2,01 cd	Sangat rendah
SB4	3,04	Sangat rendah	2,33 bc	Sangat rendah
SB5	3,33	Sangat rendah	2,92 ab	Sangat rendah
SB6	3,78	Sangat rendah	3,11 a	Sangat rendah
PB (Pembanding)	1,38	Sangat rendah	1,36 de	Sangat rendah

*) Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan nyata pada nilai P-tersedia tanah disetiap perlakuan penambahan *slurry biogas* kedalam tanah. Semakin tinggi pemberian *slurry biogas* maka semakin tinggi pula peningkatan nilai P-tersedia tanah. Pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter/pot (SB6) memberikan nilai P-tersedia tertinggi (3,78) diikuti dengan perlakuan yang lain SB2 (1,99), SB3 (2,55), SB4 (3,04), dan SB5 (3,33) sebelum percobaan dan SB2 (1,76), SB3 (2,01), SB4 (2,33), dan SB5 (3,11) sesudah percobaan. Meningkatnya kandungan P-tersedia tanah dengan pemberian *slurry biogas* membuktikan bahwa bahan organik (*slurry biogas*) merupakan salah satu sumber utama bagi ketersediaan P tanah. Pernyataan tersebut didukung oleh HIVOS (2010) yang menyatakan bahwa *Slurry biogas* umumnya mengandung unsur hara Fosfor, Nitrogen, dan Sulfur serta unsur hara mikro. Walaupun penambahan *slurry biogas* umumnya berhasil meningkatkan ketersediaan P-tersedia tanah, namun kandungan P-tersedia tanah pada semua perlakuan masih pada katagori sangat rendah (< 4 ppm). Hal ini menunjukkan perlu dilakukan penambahan *slurry biogas* secara berkelanjutan hingga tercapai P-residual yang cukup tinggi pada tanah.

Sulfur Tersedia

Sulfur merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sulfur dalam tanah umumnya terdapat dalam bentuk sulfat, sulfida, dan senyawa organik (Mulyati dan Lolita, 2006). Kandungan sulfur dalam tanah dikategorikan tinggi jika memiliki nilai berkisar antara 100-250 ppm, sedang 44-99 ppm, rendah 20-40 ppm, dan yang sangat rendah < 20 ppm (Balai Penelitian Tanah, 2005). Data hasil analisis S-tersedia tanah sebelum dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. S-tersedia tanah

Perlakuan	S-tersedia (ppm)			
	Awal	Harkat*	Akhir	Harkat*
SB1 (Kontrol)	11,79	Sangat rendah	11.69 c	Sangat rendah
SB2	12,23	Sangat rendah	12.47 bc	Sangat rendah
SB3	13,18	Sangat rendah	12.93 bc	Sangat rendah
SB4	16,92	Sangat rendah	13.48 abc	Sangat rendah
SB5	19,45	Sangat rendah	15.69 ab	Sangat rendah
SB6	21,11	Rendah	16.58 a	Sangat rendah
PB (Pembanding)	11,74	Sangat rendah	11.69 c	Sangat rendah

*) Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 4. menunjukkan semakin tinggi penambahan *slurrybiogas* kedalam tanah maka semakin tinggi pula kandungan nilai S-tersedia tanah. Pemberian *slurry biogas* dengan dosis yang berbeda-beda memberikan hasil yang berbeda nyata pula terhadap kandungan S-tersedia tanah. Kandungan S-tersedia tanah tertinggi terdapat pada perlakuan pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter/pot (SB6) sebesar 21,10 ppm dan 16,587 ppm baik sebelum dan sesudah percobaan. Kandungan S-tersedia terendah terdapat pada perlakuan pembanding dan kontrol (PB/SB1) sebesar 11,74 ppm dan 11,79 ppm sebelum percobaan dan 11,69 ppm dan 11,69 ppm setelah

percobaan. Hal ini menunjukkan konsistensi *slurrybiogas* sebagai bahan organik alam yang mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara terutama ketersediaan Sulfur dalam tanah. pendapat ini didukung oleh pernyataan para ahli yang menyatakan bahwa bahan organik (*slurrybiogas*) dapat menambah ketersediaan unsur S dalam tanah (Lolita dan Mulyati, 2006; Poerwowidodo, 1992). Walaupun S-tersedia dalam tanah meningkat dengan penambahan *slurry biogas* namun secara umum penambahan dosis yang dilakukan masih belum mampu meningkatkan S-tersedia tanah ke taraf optimum sehingga perlu dilakukan penambahan kembali secara berkelanjutan untuk mempertahankan ketersediaan unsur hara S dan kualitas kesuburan tanah.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas tukar kation merupakan salah satu indikator sifat kimia penting untuk mengetahui tingkat kualitas kesuburan tanah. Tinggi rendahnya (KTK) dalam tanah tergantung pada banyak sedikitnya bahan organik dan mineral liat silikat didalam tanah. Kandungan KTK dalam tanah dikategorikan tinggi apabila nilainya berkisar (25-40 me/100g), sedang (17-26 me/100g), rendah (5-16 me/100g), dan yang sangat rendah (<5 me/100g) (Balai Penelitian Tanah, 2005). Data hasil analisis KTK tanah sebelum dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 5

Tabel 5. KTK tanah.

Perlakuan	KTK tanah (me/100g)			
	Awal	Harkat*	Akhir	Harkat*
SB1 (Kontrol)	4,95	Sangat rendah	4,90 c	Sangat rendah
SB2	6,86	Rendah	5,17 c	Rendah
SB3	7,04	Rendah	5,14 c	Rendah
SB4	7,23	Rendah	5,88 b	Rendah
SB5	8,32	Rendah	6,08 b	Rendah
SB6	9,14	Rendah	6,57 a	Rendah
PB (Pembanding)	4,96	Sangat rendah	4,94 c	Sangat rendah

*) Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 5 menunjukkan adanya peningkatan nilai KTK tanah dengan bertambahnya pemberian dosis *slurry biogas* disetiap perlakuan. Semakin tinggi pemberian *slurry biogas* maka semakin tinggi pula peningkatan nilai KTK tanah. Nilai KTK tanah tertinggi terdapat

pada perlakuan pemberian *slurrybiogas* dengan dosis 2,5 liter/pot (SB6) sebesar 9,14 me/100g sebelum percobaan dan 6,57 setelah percobaan. Nilai KTK tertinggi berikutnya secara berturut – turut adalah SB2 6,86; SB3 7,04 ; SB4 7,23; dan SB5 8,32 me/100g sebelum percobaan dan SB2 5,17; SB3 5,14 ; SB4 5,88; dan SB5 6,08 me/100g sesudah percobaan. Terjadinya peningkatan nilai KTK tanah tersebut tidak terlepas dari penambahan bahan organik dalam bentuk *slurrybiogas* kedalam tanah. Meningkatkannya kandungan KTK tanah merupakan indikasi bahwa pengaruh pemberian *slurry biogas* yang digunakan masih memberikan efek positif terhadap kualitas kesuburan tanah. Namun nilai kapasitas tukar kation (KTK) tersebut masih tergolong dalam katagori rendah. Hal ini dapat difahami mengingat tanah yang digunakan dalam percobaan merupakan tanah yang terdegradasi, dan oleh sebab itu perlu dilakukan penambahan *slurrybiogas* secara berkelanjutan.

C-Organik

C-organik tanah merupakan komponen utama dari bahan organik dan menjadi indikator penting dalam menentukan kesuburan tanah. Tinggi rendahnya kandungan C-organik di dalam tanah sangat menentukan tingkat kesuburan tanah. Kandungan C-organik tanah yang tinggi umumnya berkisar (3-5%), sedang (2-3%), rendah (1-2%), dan sangat rendah(<1%) (Balai Penelitian Tanah, 2005). Data hasil analisis C-organik tanah sebelum dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 6

Tabel 6. C-Organik tanah

Perlakuan	C-organik (%)			
	Awal	Harkat*	Akhir	Harkat*
SB1 (Kontrol)	0,39	Sangat rendah	0,32 e	Sangat rendah
SB2	0,54	Sangat rendah	0,46 cde	Sangat rendah
SB3	0,66	Sangat rendah	0,54 cd	Sangat rendah
SB4	0,71	Sangat rendah	0,61 bc	Sangat rendah
SB5	0,89	Sangat rendah	0,81 ab	Sangat rendah
SB6	1,14	Rendah	0,86 a	Sangat rendah
PB (Pembanding)	0,37	Sangat rendah	0,33de	Sangat rendah

*) Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak

berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian *slurry biogas* mampu meningkatkan kadar C-Organik tanah disemua perlakuan, dibandingkan dengan tanpa perlakuan pemberian *slurrybiogas*. Penambahan *slurrybiogas* dengan dosis yang berbeda-beda memberikan perbedaan nyata terhadap nilai C-Organik tanah disetiap perlakuan penambahan *slurry biogas*. Penambahan *slurrybiogas* dalam tanah terbukti mampu meningkatkan nilai C-organik tanah. Nilai C-organik tertinggi terdapat pada perlakuan pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter/pot (SB6) yaitu 1,14%. Namun sesudah dilakukannya percobaan nilai C-organik cenderung menurun berkisar antara 0,04% (terendah) pada perlakuan kontrol (SB1) sampai 0,28% (tertinggi) pada perlakuan pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter/pot (SB6). Penurunan kandungan C-organik tersebut diakibatkan oleh berkurangnya kandungan bahan organik tanah sebagai akibat terjadinya proses dekomposisi oleh mikro organisme. Pendapat ini didukung oleh Benbi dan Richter (2002) yang menyatakan bahwa kadar C-organik akan terus menurun dengan terjadinya proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah. Walaupun perlakuan pemberian *slurry biogas* dalam tanah mampu meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah, namun pada tanah yang dikaji kandungan C-Organik masih tergolong sangat rendah. Oleh karena itu maka perlu diusahakan penambahan bahan organik secara terus menerus hingga mampu meningkatkan kandungan C-organik yang cukup tinggi (3-5%) dalam tanah.

Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy

Pertumbuhan tanaman

Pertumbuhan tanaman dapat ditafsirkan sebagai pertambahan volume dan ukuran berat tanaman yang tidak bisa balik sebagai akibat terjadinya pemanjangan dan perkembangan jaringan pada sel tanaman. Kajian pertumbuhan tanaman dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Hasil pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun disajikan secara lengkap pada Tabel 7

Tabel 7. Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Pakcoy.

No	Perlakuan	Hari Setelah Tanam (HTS)							
		7		14		21		28	
		Tinggi (cm)	Daun (buah)	Tinggi (cm)	Daun (buah)	Tinggi (cm)	Daun (buah)	Tinggi (cm)	Daun (buah)
1	SB1 (Kontrol)	5,48 a	8,00 a	6,05 b	9,50 b	6,45 c	11,50 b	6,68 c	14,25 c
2	SB2	5,70 a	8,75 a	7,38 ab	11,25 ab	7,78 ab	13,75 ab	8,00 abc	16,75 abc
3	SB3	5,93 a	8,50 a	7,38 ab	11,00 ab	7,93 ab	14,24 ab	8,23 ab	18,25 ab
4	SB4	6,08 a	8,75 a	7,95 a	12,00 a	8,05 a	14,50 ab	8,48 ab	19,25 a
5	SB5	6,06 a	8,75 a	7,70 a	11,75 ab	8,38 a	14,50 ab	8,85 a	19,25 a
6	SB6	6,53 a	9,25 a	7,63 a	11,75 ab	7,88 ab	14,75 a	7,98 abc	18,50 a
7	PB (Pembanding)	4,65 a	8,25 a	6,85 ab	10,50 ab	6,85 bc	12,00 ab	7,10 bc	15,25 bc

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%.

Seperti terlihat pada Tabel 7 secara umum pemberian *slurry biogas* mampu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman pakcoy kearah lebih baik, dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan *slurrybiogas*. Pada awal pertumbuhan tanaman pakcoy (7HST) efek penambahan *slurrybiogas* belum terlihat pengaruhnya. Hal ini disebabkan oleh kondisi tanaman yang masih dalam proses adaptasi setelah terjadinya proses pemindahan ke media tanam. Terlihat dengan jelas pada Tabel 7 bahwa efek perlakuan pemberian *slurry biogas* mulai nampak pada saat tanaman berumur 14 HST hingga umur 28 HST. Secara umum perlakuan penambahan dosis *slurry biogas* dengan dosis sebanyak 2 liter/pot (SB5) memberikan efek terbaik terhadap tinggi tanaman pakcoy (8,85 cm). Sementara, jumlah daun tanaman pakcoy terbanyak yaitu 19,25 lembar terdapat pada pemberian *slurry biogas* dengan dosis 1,5 liter/pot dan 2 liter/pot (SB4 dan SB5). Hasil ini bisa ditafsirkan bahwa penambahan *slurrybiogas* mamapu meningkatkan ketersediaan unsur hara P dan S pada setiap perlakuan sehingga mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman pakcoy. Hasil ini didukung oleh pendapat Hanafiah (2008) yang menyatakan bahwa unsur hara P merupakan penyusun jaringan tanaman yang berfungsi sebagai: (1) penyusun enzim, protein, dan asam nukleat, (2) meningkatkan pertumbuhan tanaman secara umum, (3) memperbaiki sistem perakaran, dan (4) memberikan pengaruh mutu dan total produksi tanaman. Selanjutnya menurut Ma'shum (2009) menyatakan bahwa sulfur berperan sebagai: (1) penyusun asam amino dan cystine,(2) penyusun vitamin, biotin,dan thiamine, (3) sebagai pengatur

sintesis zat hijau daun, dan (4) mempercepat perkembangan perakaran tanaman.

Hasil tanaman

Peningkatan produksi tanaman yang baik tergantung pada kualitas kesuburan tanah dan sistem budidaya yang digunakan. Sayur-sayuran biasanya dipanen dalam kondisi segar begitu halnya dengan tanaman pakcoy. Oleh sebab itu, berangkasan basah menjadi indikator penting dalam penelitian ini. Sementara itu, hasil brangkasan kering pada tanaman pakcoy bermanfaat untuk mengetahui berat sebenarnya dari hasil fotosintat yang terserap dan tersimpan dalam jaringan tanaman tanpa ada kadar air di dalam tanaman. Data hasil brangkasan basah dan kering tanaman pakcoy secara lengkap disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Berat Brangkasan Basah dan Kering Total Tanaman

No.	Perlakuan	Berat brangkasan basah (gram)	Berat berangkasan kering (gram)
1	SB1 (Kontrol)	32,7 d	3,09 c
2	SB2	54,7 bcd	5,29 abc
3	SB3	58,7 bcd	5,35 abc
4	SB4	73,3 abc	6,78 ab
5	SB5	102,7 a	8,51 a
6	SB6	84,3 ab	6,43 ab
7	PB (Pembanding)	42,3 cd	4,53 bc

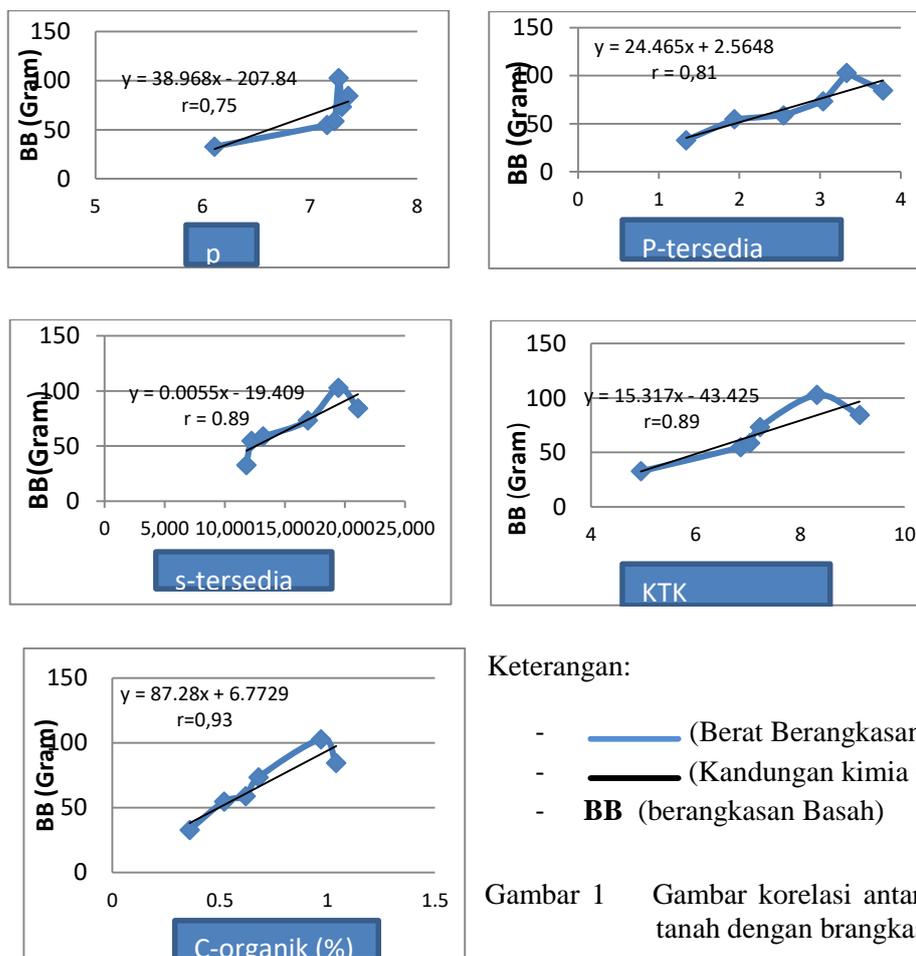
Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%

Seperti terlihat Pada Tabel 8 secara umum tampak bahwa perlakuan penambahan *slurry biogas* memberikan pengaruh positif terhadap produktivitas tanaman pakcoy baik pada banyak brangkas basah maupun brangkas kering. Penambahan *slurrybiogas* menghasilkan biomasa hasil tanaman pakcoy yang lebih berat dibandingkan tanpa perlakuan pemberian *slurry biogas* (kontrol dan pembanding). Perlakuan pemberian *slurry biogas* pada dosis 2 liter/pot (SB5) memberikan hasil produktivitas tertinggi (102,7 gram) dibandingkan perlakuan SB3(58,7 gram), SB2 (54,7 gram), SB1 (32,7 gram), dan PB (42,3 gram). Hasil sama juga terlihat jelas pada produktivitas brangkas kering, dimana perlakuan SB5 memberikan hasil produktivitas terbaik. Perlakuan pemberian *slurry biogas* pada dosis 2 liter/pot (SB5) memberikan hasil tertinggi (8,51 gram) dari pada perlakuan lainnya (Kontrol 3,09 gram, SB2 5,29 gram, SB3 5,35 gram, SB4 6,78 gram, SB6 6,43 gram, dan PB 4,53 gram). Hal ini didukung oleh data hasil analisis

statistik yang menunjukkan adanya perbedaan nyata pada hasil produksi berangkas basah dan berangkas kering dengan penambahan *slurrybiogas* yang berbeda. Hasil ini menunjukkan pemberian *slurry biogas* berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil produktivitas tanaman pakcoy.

Regresi dan Korelasi antara Kualitas kesuburan Tanah dengan Hasil Tanaman

Produktivitas tanaman merupakan hasil dari pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Baik buruknya produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Salah satu faktor yang menentukan produktivitas tanaman adalah kondisi kualitas kesuburan tanah. Untuk mengetahui kebenaran tersebut maka dikaji secara khusus melalui grafik analisis korelasi. Data hasil kualitas kesuburan tanah (pH, P-tersedia, S-tersedia, KTK, C-organik) dan produktivitas tanaman telah dilakukan uji korelasi kedua variabel tersebut. Hasil korelasi secara lengkap disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Gambar korelasi antara kualitas kesuburan tanah dengan brangkas basah tanaman

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kualitas kesuburan kimia tanah semakin tinggi pula produksi hasil tanaman (brangkasan basah). Hal ini ditunjukkan oleh adanya nilai korelasi yang positif antara pH, P-tersedia, S-tersedia, C-Organik, dan KTK terhadap pertambahan berat brangkasan basah tanaman. Pada gambar di atas juga terlihat nilai korelasi tertinggi terdapat pada parameter C-Organik ($r=0,93$) disusul secara berturut-turut oleh nilai KTK ($r=0,89$), S-tersedia ($r=0,89$), P-tersedia ($r=0,81$) dan nilai parameter terendah terdapat pada pH ($r=0,75$). Secara umum tingkat keeratan hubungan antara kedua variabel tersebut berkisar dari sedang (antara 0,5-0,8) sampai tingkat korelasi tinggi (antara 0,8-1) (Dickson, 2014). Hal tersebut dapat diartikan bahwa kandungan C-organik merupakan variabel yang paling mempengaruhi ketersediaan unsur P-tersedia, S-tersedia, KTK, dan pH yang berpengaruh langsung terhadap berat brangkasan basah. Hal ini dapat difahami bahwa bahan organik merupakan bahan alami yang memiliki fungsi sebagai pembenaah sifat-sifat tanah ke arah lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian residu *slurry biogas* dengan berbagai dosis (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 liter/pot) pada *Entisol* terdegradasi memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan, dan hasil tanaman pakcoy serta ketersediaan unsur hara P dan S.
2. Pemberian *slurry biogas* dengan dosis 2,5 liter/pot menghasilkan efek residu terbaik terhadap pH, P-tersedia, S-tersedia, C-organik, dan KTK tanah.
3. Pemberian residu *slurry biogas* dengan dosis 2 liter/pot memberikan hasil terbaik terhadap brangkasan basah dan brangkasan kering.
4. Korelasi dan regresi antara sifat kimia tanah (pH, P-tersedia, S-tersedia, C-organik, dan KTK) dengan hasil brangkasan basah tanaman pakcoy dengan nilai keeratan hubungan terendah pada pH ($r=0,79$) hingga tinggi pada C-organik ($r=0,93$)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Lily. 2004. *Dasar nutrisi tanaman*. Rineka cipta. S. Jakarta.
- Anonim. 2012. *Tanaman Sawi*. <http://wikipedia.org.id/2012/08/tanaman-sawi.html> [20 Oktober 2015].
- Arifin, Zainul. 2011. *Bahan Organik*. <http://cms.Im-bio.com/?pageid=505>. [21 Mei 2014].
- Andriani E. 2009. *Degradasi Tanah*. <http://www.evi-andriani-blogspot.com/-2009/04/degradasi-tanah.html>. [29 September 2014].
- Buckman H. O., dan Brady N. C. 1982. *Ilmu Tanah*. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Benbi, D.K, and J. Richter. 2002. A critical review of some approaches to modeling nitrogen mineralization. *Biol Fertil Soils*.35:168-183.
- Balai Penelitian Tanah, 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Pupuk, Tanaman dan Air*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- BIRU. 2012. *Pedoman dan Pengguna Pengawas Pengelolaan dan Pemanfaatan Bio-slurry*. Jakarta.
- Caturini R. 2010. *Pakcoy Siap Panen Dalam 1,5 Bulan*. <http://kontan.co.id-/2010/10/pakcoy-siap-panen-dalam-1,5-bulan.html>. [10 Oktober 2014].
- Endang S.S. 2010. *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. Jurnal Inovasi.
- Dinas Kehutanan NTB. 2012. Luas Lahan Kritis di Nusa Tenggara Barat. http://ntb.bps.go.id/index.php?page=statistik&act=viewtabel&abel_id=58&sub=22&level2view=Kehutan&level3view=Luas%20Lahan%20Kritis%20Di%20Nusa%20Tenggara%20Barat%202012. [13 April 2014].
- Firmansyah Y. 2011. *konsep pertanian berkelanjutan keluarga petani*. Serikat petani indonesia (SPI), Jakarta.
- Fahrudin, Fuat. 2009. *Budidaya Pakcoy (Brassica Rapa Sinensi) Menggunakan Ekstrak Teh Dan Pupuk Kascing*. Fakultas Pertanian Sebelas Maret. Surakarta.
- HIVOS. 2012. *Bio-Slurry*. Hivos National Biogas Rumah (BIRU) Program Support. Jakarta.
- _____. 2010. *Bio-Slurry*. Hivos National Biogas Rumah (BIRU) Program Support. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akapres, Jakarta
- _____. 2003. *Ilmu Tanah*. Akapres, Jakarta.
- Hidayat, Taufik. 2013. *pertumbuhan dan produksi sawi (brassica juncea l) pada inceptiso*

- dengan aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit. Fakultas Pertanian, Universitas Riau. Riau.
- Haddar, A. 2014. *Kajian Efek Residual Slurry Biogas terhadap Kualitas Tanah dan Pertumbuhan serta Hasil Tanaman Pakcoy (Brassicarapa chinensis)*. Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram
- Hanafiah, A. K. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Ultisol*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Kasno, A. 2009. *Peran bahan organik terhadap kesuburantanah*. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id> [27 Februari 2014].
- Lakitan, B. *dasar-dasar fisiologi pertanian*. PT Raja Grafindo prasada, Jakarta.
- Madjid A. 2007. *Bahan Organik Tanah*. <http://blogspot.com/2007/11/bahan-organik-tanah.html>. [10 januari 2015].
- Marselius O. 2010. *Pemanfaatan Limbah Cair Biogas sebagai Pupuk Organi kuntuk Kangkung Darat (Ipomoea reptansPoir) Di Daerah Transmigrasi Masni-Manokwari*. Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian. Universitas Negeri Papua.
- Ma'shum M. 2005. *Kesuburan Dan Pemupukan*. Mataram University Press. Mataram.
- Munir, M. 1996. *Tanah - Tanah Utama Indonesia karakteristik: klasifikasi dan pemanfaatannya*. Pustaka Jaya, Jakarta.
- Mulyati dan Lolita E.S. 2006. *Pupuk dan pemupukan*. Mataram university press. Mataram.
- Romadhony, H.P. 2013. *Efektivitas Pemupukan Tanaman Pakcoy (Brassica rapachinensis) Menggunakan Slurry Biogas Sebagai Sumber Pupuk Organik*. Fakultas Pertanian, Universitas ataram. Mataram.
- Ramadhan, G. 2010. *Budidaya Sawi*. <http://gilang-blogger.blogspot.com/2010/09/-budidaya-sawi.html>. [20 januari 2015].
- Rosmarkam A. dan Yuwono N. W. 2011. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Jogjakarta.
- Purnomo, E. 2006. *Peranan Bahan Organik untuk Menyuburkan Tanah Ultisol*.
- Priyono, J. 2005. *Kimia Tanah*. Mataram University Press. Mataram.
- Rosdiana. 2014. *Pertumbuhan tanaman pakcoy setelah pemberian pupuk urin kelinci*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta .
- Subagyo, H, N. Suhartadan A.B. Siswanto. 2000. *Tanah – tanah pertanian Indonesia dalam Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (ed) Sumber daya lahan Indonesia dan pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Soepardi, G. 1989. *Sifat dan Ciri Tanah*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suwono dan Saeri M. 2009. *Pengaruh Pupuk Organik Dan Residunya Terhadap Peningkatan Hasil Dan Pendapatan Petani Padi Sawah*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Timur.
- Syukri, A. 2009. *Pupuk dan Pemupukan*. <http://ahdsyukriwordpress.com/-2009/10/pupuk-dan-pemupukan.html>[13 Mei 2014].
- Sembiring M. P. 2011. *Pemanfaatan Kompos Sludge Pada Tanaman Selada (Lactuca sativa)*. Di dalam: Prosiding SNTK TOPI 2011. Pekanbaru, 21-22 Juni 2011. Hal. 1-4.
- Tisdale, S., L. Nelson and J.D. Beaton. 1990. *Soil Fertility and Fertilizer 4th Edition*. Macmillan Publishing. Co., New York.
- Torareh, G. G. 2010. *Pemanfaatan Limbah Bio Gas Sebagai Substitusi Pupuk Pada Tanaman Kedelai Di Kabupaten Bolaang Mongondow*. Abstrak Kajian Pemanfaatan Limbah Biogas. Sulawesi Utara. Hal. 132.
- Tan, K.H. 2004. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Untung, K. 1997. *Peranan pertanian organik dalam pembangunan yang berwawasan lingkungan*. Sam Nas. Yayasan Bumi Lestari. Jakarta.
- Wati D.S. dan Prasetyani R.D., 2008. *Pembuatan Limbah Biogas Dari Limbah Cair Industri Bioetanol Melalui Proses Anaerob (Fermentasi)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro Semarang.