

**PENGARUH PEMBERIAN LIMBAH BIOGAS DAN PUPUK KANDANG
TERHADAP KETERSEDIAAN DAN SERAPAN N, P SERTA
PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG**

Oleh:

NITHA MALLA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2011

**PENGARUH PEMBERIAN LIMBAH BIOGAS DAN PUPUK KANDANG
TERHADAP KETERSEDIAAN DAN SERAPAN N, P SERTA
PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh

NITHA MALLA

0610430041 - 43



SKRIPSI

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2011

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nitha Malla

NIM : 0610430041

Jurusan / PS : Tanah / Ilmu Tanah

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

”Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan Serapan N, P serta Pertumbuhan Tanaman Jagung”

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana suatu hari pernyataan saya tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya.

Malang, Januari 2011

Yang Menyatakan

Nitha Malla

NIM. 0610430041

Mengetahui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD

NIP. 19611028 198701 2 001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MS

NIP. 19610701 198703 1 002

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS

NIP. 19540501 198103 1 006

Nama Mahasiswa : NITHA MALLA
NIM : 0610430041-43
Jurusan : TANAH
Judul Skripsi : **PENGARUH PEMBERIAN LIMBAH BIOGAS DAN PUPUK KANDANG TERHADAP KETERSEDIAAN DAN SERAPAN N, P SERTA PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG**
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Utama,

Pendamping,

Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD
NIP. 19611028 198701 2 001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MS
NIP. 19610701 198703 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah

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

Tanggal Persetujuan :



Mengesahkan,

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Abdul Mukri Prabowo, M. Agr. Sc
NIP. 19501003 198103 1 001

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

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Budi Prasetya, MS
NIP. 19610701 198703 1 002

Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD
NIP. 19611028 198701 2 001

Tanggal Lulus :





Skripsi ini kuperszmbahkan untuk
Kedua Orang Tua tercinta dan Kakak2 Q
serta Orang2 yang sayang sama Aq

RINGKASAN

Nitha Malla. 0610430041-43. **Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan Serapan N, P serta Pertumbuhan Tanaman Jagung.** Di bawah bimbingan Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD dan Dr. Ir. Budi Prasetya, MS

Unsur N dan P merupakan unsur hara makro primer yang seringkali menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman, karena jumlah maupun ketersediaannya yang rendah di dalam tanah. Seiring dengan meningkatnya kelangkaan dan harga pupuk di pasaran, pengadaan pupuk organik menjadi alternatif pemecahan masalah rendahnya ketersediaan N dan P. Kotoran ternak sering digunakan sebagai pupuk kandang di lahan petani, namun penyediaannya belakangan ini bersaing dengan produksi biogas yang menggunakan bahan mentah yang sama. Proses produksi biogas menghasilkan limbah padat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk pengganti, namun dampaknya bagi pertumbuhan tanaman masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah biogas dan pupuk kandang terhadap ketersediaan N dan P dalam tanah; kadar serapan N dan P, dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman.

Penelitian dilakukan mulai Maret sampai Juni 2010 di Rumah Kaca Fakultas Pertanian, UB, Malang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah T_0 (kontrol, tanpa pemberian pupuk); T_1 (431 kg Urea/ha + 637 kg SP36/ha); L_1 (7 ton limbah biogas/ha, setara 50% dosis N); L_2 (14 ton limbah biogas, setara 100% N); L_3 (21 ton Limbah biogas, setara 150% N); P_1 (9.6 ton pupuk kandang/ha, setara 50% dosis N); P_2 (19 ton pupuk kandang, setara 100% N); P_3 (28.6 ton pupuk kandang, setara 150% N). Dosis anjuran 198.62 kgN/ha dijadikan dasar 100% N. Analisis statistik dengan Uji F taraf 5% dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap ketersediaan dan serapan P, serta pertumbuhan jagung. Analisis Uji Duncan taraf 5% serta uji korelasi dilakukan untuk mengetahui keeratan antar parameter.

Hasil penelitian menunjukkan pemberian limbah biogas dan pupuk kandang nyata meningkatkan ketersediaan N dan P. Peningkatan N dan P tersedia akibat pemberian pupuk organik pada dosis 100% lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk anorganik (urea+SP36). Pengaruh limbah biogas lebih efektif dibandingkan pupuk kandang. Pengamatan 6 MSI menunjukkan peningkatan N tersedia (46 ppm) dan P tersedia (18 ppm) pada perlakuan limbah biogas, yang lebih tinggi dibandingkan peningkatan N tersedia (42 ppm) dan P tersedia (15 ppm) pada perlakuan pupuk kandang dengan dosis N yang sama (150%).

Pemberian biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap serapan N dan P serta pertumbuhan jagung. Terdapat perbedaan nyata antara limbah biogas dan pupuk kandang. Walaupun serapan N dan P pada perlakuan urea dan SP36 lebih tinggi, namun tidak menyebabkan membaiknya pertumbuhan tanaman. Dosis 100%N-limbah biogas (14 ton limbah biogas/ha) memperlihatkan tingkat serapan N, P, serta pertumbuhan tanaman tertinggi. Sebaliknya pada perlakuan pupuk kandang, peningkatan dosis dari 9.6 sampai 28.6 ton/ha masih menunjukkan terjadinya peningkatan serapan N, P, serta pertumbuhan tanaman. Pada tingkat pertumbuhan terbaik, serapan N dan P pada perlakuan limbah biogas (2.83 g/tanaman dan 3.02 g/tanaman) lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan pupuk kandang (1.60 g/tanaman dan 2.86 g/tanaman).

SUMMARY

Nitha Malla, 0610430041-43. **The Effect of Application Biogas Waste and Cow Manure on the Availability and Uptake of N, P and Growth of Corn.** Supervisor: Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD and Co-Supervisor: Dr. Ir. Budi Prasetyo, MS.

Nitrogen and Phosphorus are often considered as the most limiting factor for crop growth, due to their limited supply and availability in the soil. Anorganic fertilizers are not readily available in the market, and become luxury for certain farmers. Therefore, the use of organic waste is promising alternative to increase N and P availability. Among many organic waste, cow manure is commonly used as fertilizer. Manure fertilizer however is lately threaten by the use of manure for biogas production. Solid waste in biogas production process is currently used as fertilizer, replacing direct use of manure application. The use of this biogas solid waste is then necessary to study. This research was an attempt to study the effect of manure and biogas waste application on N and P availability in the soil, uptake amount, and maize growth.

A glass house research was conducted in March – June 2010, using Completely Randomized Design with 8 treatments and 3 replications. The treatments were: T₀ (control); T₁ (431 kg Urea/ha + 637 kg SP36/ha); L1 (7 ton biogas waste/ha, equal to 50% N dosage); L2 (14 ton biogas waste/ha, equal to 100%N); L3 (21 ton biogas waste/ha, equal to 150%N); P1 (9.6 ton manure/ha, equal to 50% N); P2 (19 ton manure/ha, equal to 100%N); P3 (28.6 ton manure/ha, equal to 150%N). Dosage of 198.62 kg N/ha was used for 100% N treatment. Statistical analysis of F-test (5% level) was performed to study the effect of the treatments on the availability and uptake of N and P, and maize growth. Duncan-test (5% level) and correlation test was done to analyze the relationship between the parameters.

The results showed that biogas waste and manure application significantly affected the availability of N and P. The amount of N and P available on soils applied with organic waste at 100% N dosage were higher than inorganic fertilizer (urea+SP36). Biogas waste was more effective compared to manure application. Data at 6 WAI (weeks after incubation) showed that N (46 ppm) and P available (18 ppm) increase on biogas waste, were relatively higher than N (42 ppm) and P available (15 ppm) on manure application, at similar N dosage (150%).

The uptake of N and P, and maize growth were also significantly affected by biogas waste and manure application. There were significant difference between biogas waste and manure application. The uptake of N and P were better by using inorganic fertilizer (urea+SP36), crop growth however was not significantly different. The amount of available N and P in the soil, uptake amount, and maize growth were highest on soils applied by 14 ton biogas waste/ha (equal to 100%N). Whereas for manure application, the amount of N and P available in the soil, uptake amount, and maize growth increased in accordance to increase dosage from 9.6 to 28.6 ton/ha. At the best crop growth performance, the N and P uptake on soils with biogas waste (2.83 g/crop and 3.02 g/crop) were higher than manure application (1.60 g/crop and 2.86 g/crop).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan Serapan N, P serta Pertumbuhan Tanaman Jagung”, merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang setulus-tulusnya penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD dan Dr. Ir. Budi Prasetya, MS selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini hingga selesai.
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Brawijaya Malang.
3. Dosen-dosen di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama kuliah.
4. Pak Tamin sekeluarga atas bantuannya selama penulis berada di Desa Slamparejo.
5. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, atas bantuan dan informasi yang diberikan.
6. Yang tercinta orang tua dan kakak-kakak yang telah memberikan dukungan baik materil maupun moril hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh kakak-kakak, adik-adik seperjuangan di Tanah, terutama Soiler 2006, terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan, serta kenangan indah selama ini, serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang turut berpartisipasi atas terselesaikan skripsi ini.

Dalam segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap skripsi ini memberikan manfaat bagi para pembaca.

Malang, Januari 2011

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Wawondula, pada tanggal 23 Desember 1987 dan merupakan putri bungsu dari 5 bersaudara dengan seorang ayah yang bernama Dudung Malla dan seorang ibu bernama Damaris. Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan dasar di SDN Matompi Wawondula (1994-2000), dan melanjutkan ke SLTP Negeri 1 Towuti (2000-2003), kemudian meneruskan ke SMU YPS Soroako (2003-2006). Penulis menjadi mahasiswi Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, program studi Ilmu Tanah, pada tahun 2006 melalui jalur SPMB.



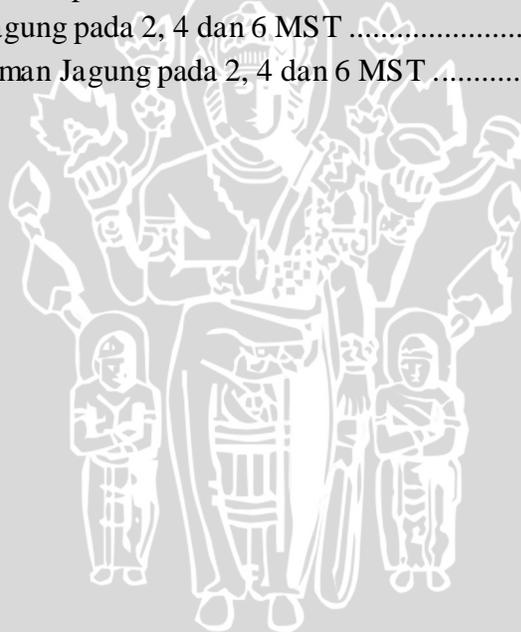
DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nitrogen	4
2.2 Fosfor	7
2.3 Penambahan Bahan Organik	10
2.4 Ekologi Tanaman Jagung	14
2.5 Sifat dan Ciri Alfisol	15
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Metodologi Penelitian	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian	20
3.5 Pengamatan dan Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Potensi Kimia Limbah Biogas dan Pupuk Kandang	25
4.2 Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Sifat Kimia Tanah	26
4.3 Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Serapan Tanaman Jagung	33
4.4 Korelasi Antara Ketersediaan dan serapan N, P serta Pertumbuhan Tanaman Jagung	42
4.5 Pembahasan Umum	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45

**DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Kandungan Unsur Hara Utama Kotoran Sapi	12
2.	Perbandingan Kandungan Unsur Hara Utama Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Sapi	14
3.	Perlakuan dalam Penelitian	20
4.	Analisis Dasar Tanah dan Pupuk Organik.....	21
5.	Parameter Pengamatan dan Metode Analisis	24
6.	Nilai pH (H ₂ O) Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI	26
7.	Kandungan C-Organik Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI	28
8.	Kadar N Total tanah pada 2, 4 dan 6 MSI	29
9.	Kadar N Tersedia Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI	31
10.	Kadar P Tersedia Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI	32
11.	Tinggi Tanaman Jagung pada 2, 4 dan 6 MST	34
12.	Jumlah Daun Tanaman Jagung pada 2, 4 dan 6 MST	35



DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung pada 6 MST	36
2.	Nisbah Tajuk Akar Tanaman Jagung pada 6 MST	37
3.	Serapan N Tajuk Tanaman Jagung pada 6 MST	38
4.	Serapan P Tajuk Tanaman Jagung pada 6 MST	40



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Perhitungan Dosis Penambahan Pupuk Organik	50
2.	Perhitungan Penambahan Bahan Organik Per Satuan Luas dan per Polibag	51
3.	Perhitungan Dosis Pupuk Anorganik	53
4.	Denah Percobaan di Rumah Kaca	54
5.	Kebutuhan Air per 5 Kg Tanah	55
6.	Hasil Analisis Dasar Tanah dan Bahan Organik	56
7.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap pH Tanah	57
8.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap C-Organik Tanah	57
9.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap N Total Tanah	58
10.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap N Tersedia Tanah	58
11.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap P Tersedia Tanah	59
12.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Tinggi Tanaman	59
13.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Jumlah Daun tanaman	60
14.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Bobot Kering Tanaman	60
15.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Nisbah Tajuk/akar	60
16.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Serapan N Tanaman	61
17.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Serapan P Tanaman	61
18.	Uji Duncan Biomassa dan Nisbah Tajuk Akar tanaman	61
19.	Uji Duncan Serapan N dan P Tanaman	62
20.	Korelasi antar Parameter	63
21.	Pertumbuhan Tanaman Jagung dalam Percobaan Rumah Kaca ...	64

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem pertanian konvensional selain menghasilkan produksi yang tinggi, juga terbukti menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem pertanian dan lingkungan lainnya. Keberhasilan yang dicapai dalam sistem pertanian konvensional juga hanya bersifat sementara, karena lambat laun ternyata tidak dapat dipertahankan akibat rusaknya habitat pertanian meliputi akumulasi bahan kimia dalam tanah, air tanah dan bagian dari tanaman atau hewan dan akhirnya berdampak kepada manusia.

Praktek pertanian konvensional berakibat pada berkurangnya materi organik, tanah menjadi keras, kurangnya porositas tanah, rendahnya nilai tukar ion tanah, rendahnya daya ikat air, rendahnya populasi dan aktivitas mikroba, dan secara keseluruhan berakibat rendahnya tingkat kesuburan tanah (Stoate *et al.*, 2001). Kondisi ini mengakibatkan terhambatnya proses serapan akar terhadap air dan hara yang terlarut sehingga keberadaan hara dalam jumlah rendah tidak dapat diambil oleh akar secara optimal. Oleh karena itu, perlu upaya untuk memperbaiki sistem pertanian konvensional dengan mengedepankan kaidah-kaidah ekosistem yang berkelanjutan salah satunya dengan penggunaan pupuk organik.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme tanah, berperan sebagai penyedia unsur N, P, K serta unsur-unsur mikro dan sebagai penyangga kation, sehingga unsur hara dalam tanah dapat dipertahankan. Bahan organik merupakan sumber karbon dan nitrogen bagi jasad renik tanah. Adanya aktivitas jasad renik menyebabkan bahan organik tanah selalu dalam keadaan dinamik. Pemberian bahan organik juga dapat membantu pelepasan P ke dalam larutan tanah. Bahan organik dalam tanah berfungsi untuk meningkatkan kesuburan fisik, kesuburan kimia dan kesuburan biologi tanah (Widiana, 1994).

Nitrogen dan fosfor merupakan unsur hara esensial yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan N dan P yang rendah pada tanah sering kali menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan dan produksi tanaman. Kehilangan N dan P melalui pengangkutan hasil panen keluar dari daerah pertanian merupakan

salah satu penyebab kehilangan N dan P dalam tanah. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengembalikan N dan P dalam tanah sehingga meningkatkan ketersediaan dan serapannya oleh tanaman. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah penambahan bahan organik melalui limbah peternakan (limbah biogas dan pupuk kandang sapi).

Selain sebagai petani, sebagian besar penduduk Desa Slamparejo Kecamatan Jabung adalah peternak sapi. Kotoran sapi sebagian digunakan sebagai pupuk kandang dan sebagian diproses secara anaerob untuk menghasilkan biogas. Limbah ternak sapi (limbah biogas dan pupuk kandang) banyak tersedia di Desa Slamparejo, sehingga penelitian ini menggunakan bahan organik yang berasal dari lokasi setempat.

Menurut Hardjowigeno (1995) pemberian bahan organik pupuk kandang merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas tanah. Proses dekomposisi bahan organik akan melepaskan unsur hara sehingga menjadi bentuk tersedia dalam tanah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. FAO (1996) menyatakan bahwa kandungan unsur hara utama dalam kotoran sapi yaitu 0.8% N; 0.7% P_2O_5 dan 0.7% K_2O (FAO, 1996).

Kotoran sapi selain dapat digunakan sebagai pupuk organik, dapat juga digunakan sebagai sumber energi alternatif yaitu sebagai bahan bakar yang disebut gas bio. Gas bio dapat dihasilkan dari fermentasi kotoran ternak dalam keadaan anaerobik, yang menghasilkan limbah padat dan cair yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang kandungan haranya tinggi. Limbah biogas memiliki kualitas yang baik karena telah diproses secara anaerob yang mengubah nutrisi-nutrisi yang terdapat pada limbah menjadi bentuk mineral sehingga dapat langsung tersedia dalam tanah untuk digunakan tanaman. FAO (1996) menyatakan bahwa kandungan unsur hara utama dalam limbah biogas dari kotoran sapi yaitu: 1.6 % N; 1.55 % P_2O_5 dan 1.0 % K_2O .

Mengingat potensi limbah biogas dan pupuk kandang, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberian limbah biogas dan pupuk kandang terhadap ketersediaan dan serapan N, P serta pertumbuhan tanaman. Pemberian

limbah biogas dan pupuk kandang sapi sebagai sumber N dan P diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan N, P serta pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan produksi tanaman jagung.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji pengaruh pemberian limbah biogas dan pupuk kandang sapi terhadap peningkatan ketersediaan N dan P tanah.
2. Mengkaji pengaruh pemberian limbah biogas dan pupuk kandang sapi terhadap serapan N, P dan pertumbuhan tanaman jagung.

1.3. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Limbah biogas dan pupuk kandang sapi meningkatkan ketersediaan dan serapan N, P serta pertumbuhan tanaman jagung.
2. Limbah biogas meningkatkan ketersediaan N dan P tanah lebih tinggi dibandingkan pupuk kandang karena limbah biogas telah diproses secara anaerob sebelum diaplikasikan sebagai pupuk organik.
3. Limbah biogas meningkatkan serapan N dan P serta pertumbuhan tanaman jagung lebih tinggi dibandingkan pupuk kandang.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru kepada masyarakat tentang pemanfaatan limbah biogas dan pupuk kandang sapi dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan N, P serta pertumbuhan tanaman jagung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nitrogen

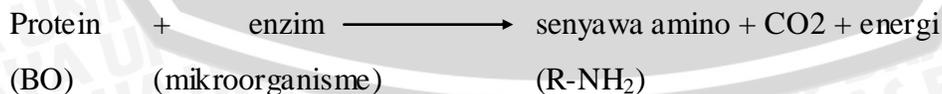
2.1.1. Sumber dan Bentuk Nitrogen dalam Tanah

Nitrogen merupakan salah satu unsur yang paling luas penyebarannya di alam. Nitrogen juga merupakan salah satu unsur hara esensial yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman sering kali dihambat oleh ketersediaan nitrogen, dan dampak negatif keterbatasan ketersediaan nitrogen seringkali melebihi dampak negatif ketersediaan unsur hara lainnya.

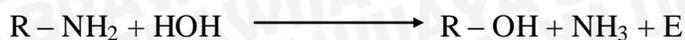
Menurut Hairiah *et al.* (2000) tiga sumber utama N tanah berasal dari bahan organik tanah, N tertambat dari udara bebas oleh tanaman kacang-kacangan (*legume*) yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* dan dari pupuk anorganik. Hanafiah (2005) menambahkan bahwa tanaman menyerap N terutama melalui akar, juga melalui stomata daun saat hujan atau penyemprotan pupuk daun.

Nitrogen berada dalam bentuk gas dinitrogen (N_2), nitrogen organik (dalam tanaman, hewan, biomasa mikroba, dan bahan organik tanah), ion amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Organisme tanah mengubah satu bentuk nitrogen ke bentuk nitrogen lainnya melalui berbagai proses (Handayanto *et al.*, 2006). Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa nitrogen dalam tanah terdapat dalam berbagai bentuk yaitu: protein (bahan organik), senyawa-senyawa amino, amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Perubahan bentuk nitrogen dalam tanah dari bahan organik melalui beberapa macam proses yaitu:

- 1) Aminisasi yaitu pembentukan senyawa amino dari bahan organik (protein) oleh bermacam-macam (heterogenous) mikroorganisme.



- 2) Amonifikasi yaitu proses pembentukan amonium dari senyawa-senyawa amino oleh mikroorganisme:





- 3) Nitrifikasi adalah perubahan dari amonium menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*, kemudian menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter*.



Proses amonifikasi dan nitrifikasi merupakan mekanisme penyediaan hara karena ion NH_4^+ dan NO_3^- merupakan bentuk tersedia bagi tanaman. Nitrifikasi terjadi pada kondisi aerobik karena bersifat oksidatif. Namun, tidak semua ion NO_3^- dalam tanah tersedia. Sebagian tercuci ke lapisan tanah bagian bawah karena NO_3^- bermuatan negatif tidak diikat oleh komponen tanah yang kebanyakan bermuatan sama (Syekhfani, 1997). Hanafiah (2005) menyatakan pada kondisi aerobik, senyawa nitrogen ternitrifikasi menjadi ion nitrat (NO_3^-) sehingga diserap tanaman dalam bentuk ini, sedangkan pada kondisi anaerobik, senyawa N mengalami amonifikasi menjadi ion amonium (NH_4^+).

Peningkatan N total tanah dipengaruhi oleh laju kecepatan nitrifikasi serta faktor-faktor lain yang ada pada tanah yaitu suhu, kelembaban, pupuk, nisbah C/N dan kapur aktif (Sutedjo, 2002).

2.1.2. Kehilangan Nitrogen dari Tanah

Tingkat kehilangan N dari tanah cukup tinggi akibat dari sifat N yang sangat mobil. Menurut Hardjowigeno (2003), hilangnya nitrogen dari tanah disebabkan oleh:

1. Digunakan oleh tanaman atau mikroorganisme.

Salah satu penyebab kehilangan N dalam tanah adalah penyerapan N oleh tanaman. Tanaman pertanian dapat menyebabkan hilangnya unsur-unsur hara esensial melalui panen. Dengan demikian kesuburan tanah akan menurun secara terus-menerus, sehingga mencapai suatu keadaan dimana penambahan unsur hara melalui pemupukan mutlak diperlukan untuk memperoleh hasil pertanian yang

menguntungkan. Hairiah *et al.* (2000) mengungkapkan bahwa dari 100% pupuk yang diberikan ke dalam tanah, sekitar 30 %-nya dapat digunakan oleh tanaman. Hasil penelitian Apriwulandari (2008) N yang diserap oleh tanaman jagung melalui pemberian dosis 0.076 kg/ha pupuk kandang sapi sebesar 145.89 mg/tanaman yang menyebabkan kehilangan N melalui pengangkutan hasil panen dan sebagian digunakan mikroorganisme tanah untuk aktivitas metabolisme.

2. Nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dapat diikat oleh mineral liat illit sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman.
3. Nitrogen dalam bentuk NO_3^- rendah karena mudah dicuci oleh air hujan (*leaching*).

Nitrat yang tercuci akan dibawa ke lapisan tanah bagian bawah perakaran dan masuk ke dalam *groundwater* dan akhirnya masuk ke perairan bebas. Hasil penelitian Apriwulandari (2008) pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 0.076 kg/ha dapat menurunkan pencucian nitrat dari 61.41 ppm menjadi 46.51 ppm.

4. Penguapan (volatilisasi)

Volatilisasi adalah kehilangan unsur N menjadi gas nitrogen pada suhu atau kandungan karbonat tinggi. Amonia merupakan gas yang mudah menguap, sehingga ketersediaan N dalam tanah berkurang yang pada akhirnya menurunkan jumlah N total dalam tanah. Berdasarkan hasil penelitian Cantarella *et al.* (2004) sebagian besar nitrogen yang diberikan pada tanaman gandum hilang sebanyak 5% sampai 12% melalui proses volatilisasi amoniak dari urea yang diberikan pada permukaan tanah.

2.1.3. Peran Nitrogen terhadap Pertumbuhan Tanaman

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang berfungsi memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman dan pembentukan protein (Hardjowigeno, 2003). Syekhfani (1997) menambahkan bahwa nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil yang berfungsi sebagai organ fotosintesis.

Jika pasukan N cukup, daun tanaman akan tumbuh besar dan memperluas permukaan yang tersedia untuk fotosintesis. Pasokan N yang tinggi mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein, kemudian diubah menjadi protoplasma dan sebagian kecil dipergunakan menyusun dinding sel, terutama karbohidrat bebas N seperti kalsium pektat, selulosa dan lignin berkadar N rendah (Poerwidodo, 1993).

Menurut Syekhfani (1997) beberapa senyawa N dalam jaringan tanaman bersifat sangat mobil, mudah berpindah ke bagian-bagian tertentu. Pemandahan umumnya dari jaringan lebih tua ke jaringan muda karena jaringan muda lebih banyak membutuhkan N untuk pertumbuhan. Pola ini menjelaskan mengapa gejala defisiensi N pertama kali tampak pada daun-daun tua atau terbawah.

Fungsi penting N dalam fase vegetatif tanaman adalah berpengaruh cepat terhadap pertumbuhan tanaman, merupakan penyusun protein, komponen yang sangat penting dalam organ tanaman sehingga diperlukan dalam jumlah yang relatif banyak. Unsur N bagi tanaman dapat meningkatkan fotosintesa karena dapat memberi warna hijau pada daun/klorofil yang sangat berpengaruh pada proses fotosintesa. Hasil fotosintesa dapat diakumulasikan ke seluruh bagian tanaman untuk pertumbuhan tanaman (Syekhfani, 1997). Menurut Handayanto (2006), jika tanaman tumbuh pada tanah cukup nitrogen maka daun berwarna lebih hijau, dan bila daun berwarna kekuningan, pertumbuhan tanaman terhambat (kerdil) dan pertumbuhan akar jelek (terhambat) maka tanaman mengalami defisiensi unsur hara. Sedangkan bila kelebihan N akan terjadi penebalan dinding sel, jaringan bersifat sekulen (berair) sehingga tanaman mudah rebah ataupun terserang hama/penyakit (Syekhfani, 1997).

2.2. Fosfor

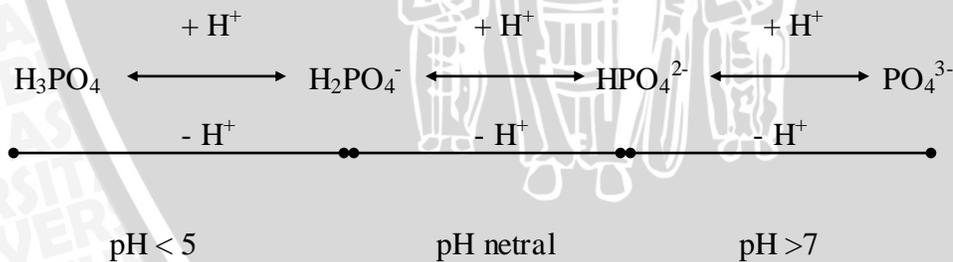
2.2.1. Sumber dan Bentuk Fosfor dalam Tanah

Fosfor merupakan unsur hara esensial makro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Tanaman memperoleh unsur P seluruhnya berasal dari tanah atau dari pemupukan serta hasil dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Jumlah P total dalam tanah cukup banyak, namun yang tersedia bagi tanaman jumlahnya rendah hanya 0,01 – 0,2 mg/kg tanah (Handayanto *et al.*, 2006). Menurut Hanafiah

(2005) sumber utama P tanah berasal dari a) pelapukan bebatuan atau bahan induk (batu kapur fosfat), b) hasil dekomposisi dan mineralisasi bahan organik, c) pupuk buatan.

Menurut Havlin *et al.* (1999) bentuk fosfor dalam tanah digolongkan menjadi dua yaitu P-organik dan P-inorganik. Kedua-duanya merupakan sumber fosfor yang penting bagi tanaman. Bentuk dari P-inorganik adalah senyawa Al-P (varisit), senyawa Fe-P (strengit), senyawa Ca-P, fluor apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), dikalsium fosfor (CaHPO_4), dan dikalsium fosfor dihidrat ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Sumber dari P-inorganik adalah mineral primer terutama apatit. Kandungan P-organik umumnya sekitar 50% dari total P pada tanah lapisan atas, sedangkan kandungan P-inorganik biasanya lebih besar dari P-organik pada tanah mineral.

Tanaman menyerap P dalam bentuk ion H_2PO_4^- (orthofosfat primer) dan HPO_4^{2-} (orthofosfat sekunder). Ketersediaan anion fosfor berkisar pada pH 5.5 – 7. Pada pH tanah kurang dari 5 didominasi bentuk H_2PO_4^- , pada pH tanah netral sebagian ion P dalam bentuk HPO_4^{2-} dan pada pH tanah lebih dari 7 bentuk ion P yang dominan pada larutan tanah adalah bentuk PO_4^{3-} . Dari ketiga bentuk ion P tersebut, ion H_2PO_4^- lebih tersedia bagi tanaman. Stevenson dan Cole (1999) menggambarkan perubahan bentuk orthofosfat primer dan sekunder pada berbagai pH tanah yaitu :



2.2.2. Ketersediaan dan Kehilangan Fosfor Tanah

Masalah yang terjadi pada ketersediaan fosfat adalah jumlah di dalam tanah sedikit. Senyawa fosfat alam kebanyakan tidak dapat digunakan tanaman karena tidak dalam bentuk terlarut dan apabila fosfat dalam bentuk larutan menjadi tidak tersedia akibat fiksasi (Brady and Weil, 2002).

Ketersediaan P dalam tanah ditentukan oleh banyak faktor, tetapi yang paling utama adalah pH tanah. Pada tanah ber-pH rendah, fosfor akan bereaksi dengan Fe atau Al membentuk Fe-P (besi fosfat) atau Al-P (aluminium fosfat) yang sukar larut dalam air sehingga tidak dapat digunakan tanaman. Pada tanah dengan pH tinggi P akan bereaksi dengan Ca membentuk Ca-P (kalsium fosfat) yang sifatnya sukar larut dan tidak dapat digunakan oleh tanaman (Novizan, 2002).

Mineral primer P menurun di dalam tanah seiring dengan meningkatnya kelembaban tanah. Dalam tanah P-inorganik hilang karena (1) diserap tanaman, (2) digunakan oleh mikroba tanah dan diubah menjadi P-organik, dan (3) dijerap oleh mineral liat (Buresh *et al.*,1997). Menurut Drechsel dan Penning (2001), kehilangan unsur P dalam tanah disebabkan oleh erosi 42%, terangkut hasil panen 43% dan menjadi residu 15%.

2.2.3. Peranan Fosfor terhadap Pertumbuhan Tanaman

Fosfor merupakan unsur yang diperlukan dalam jumlah besar (hara makro). Jumlah fosfor dalam tanaman lebih kecil dibandingkan dengan nitrogen dan kalium. Tetapi, fosfor dianggap sebagai kunci kehidupan (key of life). Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^-) (Winarso, 2005).

Menurut Hanafiah (2005) peranan fosfor bagi tanaman, sebagai berikut: 1) berperan penting dalam transfer energi di dalam sel tanaman, misalnya ADP, ATP. 2) berperan dalam pembentukan membran sel, misalnya : lemak fosfat. 3) berpengaruh terhadap struktur K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Mn^{2+} , terutama terhadap fungsi unsur-unsur tersebut yang menyerupai kontribusi terhadap stabilitas struktur dan komformasi makro molekul, misalnya: gula fosfat, nukletida, dan koenzim. 4) meningkatkan efisiensi fungsi dan penggunaan N.

Menurut Winarso (2005) fosfor meningkatkan kualitas buah, sayuran, biji-bijian dan sangat penting dalam pembentukan biji. Fosfor membantu mempercepat perkembangan akar dan perkecambahan, dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, meningkatkan daya tahan terhadap penyakit yang akhirnya dapat meningkatkan

kualitas hasil panen. Polityc (2007) menambahkan, P merupakan inti dari sel, sangat penting dalam pembelahan sel dan juga untuk perkembangan jaringan meristem. Dengan demikian P dapat merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah, selain itu juga sebagai penyusun lemak dan protein.

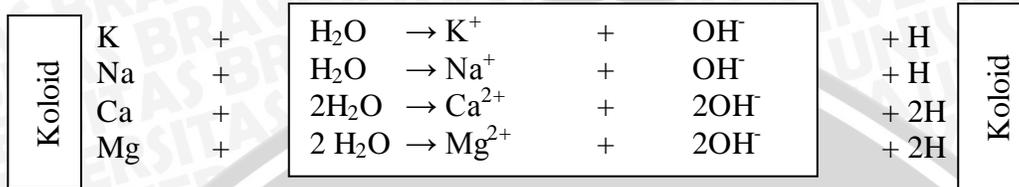
2.3. Penambahan Bahan Organik dalam Tanah

Bahan organik merupakan bahan penting dalam menciptakan kesuburan tanah, baik secara fisika, kimia, maupun dari segi biologi tanah. Bahan organik merupakan bahan pemantap agregat tanah, menjaga keberlangsungan suplai dan ketersediaan hara dengan adanya kation yang mudah dipertukarkan selain itu bahan organik adalah sumber energi dari sebagian besar organisme tanah.

Bahan organik secara langsung merupakan sumber hara N, P, S, unsur mikro maupun unsur hara esensial lainnya. Secara tidak langsung bahan organik membantu menyediakan unsur hara N melalui fiksasi N_2 dengan cara menyediakan energi bagi bakteri penambat N_2 , membebaskan P yang difiksasi secara kimiawi maupun biologi dan menyebabkan pengkhelatan unsur mikro sehingga tidak mudah hilang dari zona perakaran.

Bahan organik mempengaruhi kemasaman atau pH tanah. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan atau malah menurunkan pH tanah, hal ini bergantung pada jenis tanah dan bahan organik yang ditambahkan. Dengan kata lain, penambahan bahan organik mampu merubah nilai pH yang bersifat masam menjadi netral (mendekati netral), begitupula pada tanah yang bersifat alkalin akan berubah menjadi netral (mendekati netral). Penurunan pH tanah akibat penambahan bahan organik dapat terjadi karena dekomposisi bahan organik yang meningkatkan konsentrasi asam humus. Dimana hasil dekomposisi bahan organik akan melepaskan asam-asam organik yang larut dalam air dan bereaksi dengan molekul air menghasilkan HCO_3^- dan H^+ sehingga semakin banyak asam-asam organik yang dilepaskan maka konsentrasi H^+ semakin meningkat yang menyebabkan pH tanah akan menurun. Sedangkan kenaikan pH akibat penambahan bahan organik yang

terjadi pada tanah masam karena bahan organik dapat melepaskan kation-kation basa dapat ditukar yang bereaksi dengan air sehingga melepaskan OH⁻ yang meningkatkan pH (Lumbanraja *et al.*, 1997 dalam Simanjuntak, 2008). Adapun proses pelepasan OH⁻ dari kation basa sehingga menyebabkan peningkatan pH adalah sebagai berikut:



Nilai pH tanah erat kaitannya dengan tingkat ketersediaan unsur hara di dalam tanah yang akan diserap oleh tanaman. pH tanah yang normal untuk tanaman berkisar antara 5.5-7.5. pH tanah juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Jamur tanah lebih aktif pada pH rendah dibandingkan bakteri tanah (Okoro *et al.*, 2005).

2.3.1. Pupuk Kandang Sapi sebagai Pupuk Organik

Salah satu jenis pupuk organik yang sering digunakan sebagai penambah bahan organik tanah adalah pupuk kandang. Secara kimia memberikan keuntungan menambah unsur hara terutama NPK dan meningkatkan KTK serta secara biologi dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme tanah (Allison, 1973 dalam Jamilah, 2003).

Pupuk kandang mempunyai beberapa sifat yang lebih baik dari pupuk alam lainnya maupun dari pupuk buatan. Sifat-sifat baik dari kotoran sapi yaitu:

1. Merupakan humus, yaitu zat-zat organik yang terdapat di dalam tanah yang terjadi karena proses pemecahan sisa-sisa tanaman dan hewan, terdiri dari zat organik yang sedang mengalami pelapukan. Keseluruhannya berangsur-angsur berubah menjadi hitam, seragam dan membentuk amorf. Humus ini menjaga atau mempertahankan struktur tanah. Oleh karena itu tanah mudah diolah dan terisi banyak oksigen.
2. Banyak mengandung mikroorganisme, yang dapat menghancurkan sampah-sampah yang ada dalam tanah sehingga berubah menjadi humus. Selain itu

mikroorganisme mensintesa senyawa-senyawa tertentu hingga berguna bagi tanaman. Oleh karena hal-hal tersebut di atas pupuk kandang dianggap sebagai pupuk lengkap.

3. Sebagai sumber hara nitrogen, fosfor, dan kalium yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sandrawati *et al.*, 2007).

Pemberian pupuk kandang sapi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas tanah. Kotoran sapi mengandung unsur hara N, P, K yang cukup baik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan unsur hara utama kotoran sapi

Unsur Hara	Kadar (%)
Nitrogen (N)	0.8
P ₂ O ₅	0.7
K ₂ O	0.7

Sumber: FAO (1996)

Sutanto (2002) menjelaskan bahwa N pada pupuk kandang sapi dilepaskan secara bertahap sesuai hasil dekomposisi oleh mikroorganisme tanah. Hasil penelitian Sandrawati *et al.* (2007) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 7.5 ton per hektar dapat meningkatkan pH tanah dari 5.7 menjadi 6.7. Hal ini disebabkan karena dekomposisi lebih lanjut dari pupuk kandang sapi pada kurun waktu penanaman telah cukup banyak melepaskan ion-ion OH⁻ dari kompleks jerapannya, sehingga berakibat pada kenaikan pH tanah.

Berdasarkan hasil penelitian Tola *et al.* (2007), pemberian pupuk bokasi kotoran sapi dosis 20 ton/ha mampu meningkatkan tinggi tanaman jagung (209.69 cm menjadi 239.19 cm) dan jumlah daun (12 helai menjadi 14 helai) dibandingkan perlakuan tanpa pupuk bokasi. Selain itu, dengan dosis yang sama meningkatkan produksi tanaman jagung dari 325 gram bobot kering menjadi 418.75 gram.

2.3.2. Limbah Biogas sebagai Pupuk Organik

Kotoran sapi selain dapat digunakan sebagai pupuk organik, dapat juga digunakan sebagai sumber energi alternatif yaitu sebagai bahan bakar yang disebut biogas. Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi kotoran ternak pada keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Disamping itu juga menghasilkan limbah padat dan cair yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang kandungan haranya tinggi.

Limbah biogas merupakan salah satu *output* dari pabrik biogas yang dapat dikembalikan ke sistem pertanian. Penerapan limbah biogas yang tepat sebagai pupuk organik dapat meningkatkan produksi pertanian karena nutrisi tanah tinggi. Limbah biogas memiliki kualitas yang baik karena telah mengalami proses fermentasi secara anaerob yang mengubah nutrisi-nutrisi yang terdapat pada limbah menjadi bentuk mineral.

FAO (1996) menyatakan bahwa kotoran ternak mengandung nitrogen total sekitar 1%. Selama proses pencernaan anaerobik, 25-30% bahan organik yang membusuk sehingga persentase nitrogen naik menjadi 1.3%. Meskipun tidak ada nitrogen yang terbentuk selama proses pencernaan anaerobik, namun 15-18% nitrogen diubah menjadi amonium (NH_4^+), sedangkan nitrogen dalam pupuk kandang sebagian besar dalam bentuk teroksidasi (nitrit dan nitrat).

Tanaman menyerap kedua bentuk N-amonium maupun N-nitrat, tetapi tanaman lebih banyak menyerap N-amonium dibandingkan N-nitrat serta N total tanaman berkorelasi lebih erat dengan N-amonium dibandingkan N-nitrat (Hanafiah, 2004). Menurut Hairiah *et al.* (2000) tingkat serapan hara dalam tanah ditentukan oleh kapasitas serapan tanah, yang pada gilirannya ditentukan oleh kandungan liat dan kandungan bahan organik tanahnya. Keberadaan hara yang bermuatan negatif (anion) dalam tanah, misalnya N sebagai NO_3^- akan lebih mudah tercuci dari pada bentuk NH_4^+ . Hal ini dikarenakan permukaan liat juga bermuatan negatif sehingga terjadi tolak menolak, maka tingkat serapan tanah terhadap NO_3^- rendah. Hal ini menunjukkan bahwa bagi tanah dan tanaman, amonium lebih baik sebagai sumber nitrogen dari pada nitrogen teroksidasi dalam tanah.

Limbah biogas memiliki kualitas yang baik karena telah mengalami proses fermentasi secara anaerob yang mengubah nutrisi-nutrisi yang terdapat pada limbah menjadi bentuk mineral. Proses fermentasi anaerob penting untuk ketersediaan N, dimana N dilepaskan dalam bentuk NH_4^+ yang tersedia bagi tanaman. Amonium secara langsung tersedia bagi tanaman bila diterapkan pada tanah (Ortenblad, 2009) selanjutnya akan ternitrifikasi menjadi nitrat sehingga tanaman juga dapat menyerap nitrat meskipun hanya sebagian karena nitrat banyak yang hilang melalui pencucian. Dengan tersedianya N bagi tanaman dalam media tumbuhnya akan menyebabkan terjadinya peningkatan serapan N, terjadinya peningkatan N akan selalu diikuti peningkatan serapan P.

Ketika kotoran sapi segar mengering, sekitar 30-50 % nitrogen hilang dalam waktu 10 hari. Sementara nitrogen yang hilang dari limbah biogas dalam periode yang sama hanya 10-15 %. Limbah biogas terbukti dapat menjadi pupuk organik yang berkualitas tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang (Tabel 2) karena dalam pupuk kandang, nutrisi hilang melalui penguapan (terutama nitrogen) yang disebabkan oleh penyinaran sinar matahari maupun melalui pencucian (FAO, 1996).

Tabel 2. Perbandingan kandungan unsur hara utama limbah biogas dan pupuk kandang sapi

Unsur hara	Pupuk kandang	Limbah biogas
Nitrogen (N)	0.8 %	1.6 %
P_2O_5	0.7 %	1.55 %
K_2O	0.7 %	1 %

Sumber : FAO (1996)

Hasil penelitian Yongabi *et al.* (2009) menunjukkan bahwa limbah biogas kotoran sapi yang dicerna secara anaerob menghasilkan pupuk yang bebas patogen, meningkat kualitas pupuk dan biogas serta dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Selain itu hasil penelitian Gomes dan Viniegra (1977) menunjukkan pengaruh limbah biogas dan pupuk kandang terhadap produksi tanaman selada dengan dosis yang setara dengan 80 kg N/ha berturut-turut adalah 13 ton/ha dan 11.1

ton/ha. Berdasarkan hasil penelitian FAO di Nepal (1996), pengaruh limbah biogas dengan dosis 10 ton/ha dapat meningkatkan produksi tanaman padi dari 31 persen menjadi 44.3 persen. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian limbah biogas sebagai bahan organik lebih berpengaruh dalam meningkatkan produksi tanaman dibandingkan dengan pupuk kandang.

2.4. Ekologi Tanaman Jagung Manis

Jagung manis merupakan salah satu tanaman pangan biji-bijian dari keluarga rumput-rumputan yang dikenal dengan nama ilmiah *Zea mays saccharata*. Tanaman jagung manis termasuk dalam kelompok tanaman *heavy feders* (tanaman pengguna nitrogen paling tinggi). Tanaman jagung manis juga sangat reaktif terhadap ketersediaan air di dalam tanah. Jagung termasuk tanaman yang membutuhkan air cukup untuk pertumbuhannya. Jagung yang kekurangan air akan terlihat layu dan terganggu pertumbuhannya.

Tanaman jagung manis dapat tumbuh pada tanah dengan pH antara 5.5-7.0 (Iskandar, 2005). Jagung tumbuh dengan baik pada curah hujan 250-500 mm selama pertumbuhannya. Air sangat dibutuhkan pada saat penanaman, pembungaan (45-55 HST) dan pengisian biji (60-80 HST). Jagung manis dapat tumbuh pada semua jenis tanah, dengan syarat drainase baik serta ketersediaan unsur hara tercukupi.

Kelimpahan nitrogen mendorong pertumbuhan yang cepat dengan perkembangan daun dan batang berwarna hijau tua yang lebih besar. Nitrogen dibutuhkan tanaman jagung selama masa pertumbuhan sampai pematangan biji. Namun jumlah peyerapan N pada setiap fase pertumbuhan jagung tidak sama banyaknya. Meskipun salah satu fungsi nitrogen yang paling terlihat adalah dorongan pertumbuhan vegetatif di atas tanah, namun pertumbuhannya tidak dapat berlangsung baik jika tidak diimbangi dengan kecukupan fosfor, kalium dan unsur-unsur utama lainnya yang tersedia.

Tanaman jagung yang kurang memperoleh nitrogen tumbuh kerdil dan sistem perakarannya terbatas. Daun menjadi kuning atau hijau kekuning-kuningan dan cenderung cepat rontok sebaliknya apabila terjadi kelebihan nitrogen dapat

memperlambat kematangan tanaman, batang-batang lemah dan mudah roboh serta mengurangi daya tahan tanaman terhadap penyakit (Hardjowigeno, 1995).

2.5. Sifat dan Ciri Alfisol

Alfisol merupakan jenis tanah yang telah berkembang lebih lanjut ditandai dengan adanya penimbunan liat pada lapisan bawah permukaan. Memiliki kejenuhan basa $>35\%$ pada kedalaman 180 cm dari permukaan tanah karena pencucian basa-basa dan pelapukan mineral belum maksimal. Liat yang tertimbun di lapisan bawah berasal dari lapisan di atasnya yang tercuci ke bawah bersama dengan pergerakan air. Proses pencucian tersebut disebut iluviasi dan liat yang tertimbun tersebut disebut horison argilik (Hardjowigeno, 2003). Buol *et al.* (1980) dalam Makalew (2006) menambahkan bahwa proses pembentukan horison penimbunan liat yang disebut horison argilik melalui proses dispersi liat di lapisan atas dilanjutkan dengan proses pemindahan liat oleh air dari lapisan atas (eluviasi) dan diendapkan di lapisan bawah (iluviasi).

Air merupakan medium utama dalam proses pemindahan dan pengendapan liat pada lapisan bawah (horison B). Pada kondisi basah (musim penghujan) air akan masuk ke dalam tanah menjadi air perkolasi yang akan memisahkan partikel-partikel tanah yang pada mulanya terikat satu sama lain sehingga liat mudah dipindahkan oleh air ke lapisan bawah. Proses pemisahan partikel-partikel tanah ini disebut dispersi. Dispersi akan berjalan dengan baik jika air tersedia dalam jumlah yang cukup dan kondisi yang memungkinkan terjadinya penghancuran bahan-bahan perekatnya. Kemudian dilanjutkan dengan proses eluviasi, dimana partikel liat akan dipindahkan dari lapisan atas ke lapisan bawah bersamaan dengan pergerakan air. Proses pemindahan liat berjalan dengan baik pada tanah yang mengalami kering dan basah secara bergantian (drainase baik). Hasil pemindahan liat diendapkan di lapisan bawah menjadi horison argilik (Eswaran dan Sys, 1979 dalam Makalew, 2006).

Dalam Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2003) disebutkan bahwa horison argilik harus memenuhi syarat dalam hal: (1) Tebal horison yang sesuai dengan tekstur tanahnya, (2) Bukti adanya iluviasi liat sebagai akibat liat dari horison di

atasnya, dan (3) Jumlah liat yang tertimbun, sesuai dengan kandungan liat horison eluviasi. Sifat-sifat yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi syarat sebagai suatu horison argilik (Soil Survey Staff, 1999) adalah sebagai berikut:

1. Horison argilik harus memiliki kedua hal sebagai berikut :
 - a. Memenuhi salah satu dari : (1) Jika horison argilik mempunyai kelas besar butir berlempung kasar, berlempung halus, berdebu kasar, berdebu halus, halus, atau sangat halus, maka ketebalan minimum 7,5 cm, atau paling kurang sepersepuluh bagian dari seluruh tebal horison di atasnya, dipilih yang lebih tebal, atau (2) Jika horison argilik mempunyai kelas besar butir berpasir atau skeletal berpasir, maka ketebalan minimum 15 cm; **atau** (3) Jika horison argilik seluruhnya tersusun dari lamella, maka ketebalan gabungan dari lamella yang tebalnya 0,5 cm atau lebih, harus 15 cm atau lebih; **dan**
 - b. Tanda, atau bukti, adanya iluviasi liat sekurang-kurangnya berupa salah satu bentuk berikut : (1) Adanya liat terorientasi yang menghubungkan butir-butir pasir; **atau** (2) Adanya selaput liat menyelaputi dinding pori; **atau** (3) Adanya selaput liat pada kedua permukaan ped horison horizontal dan vertikal; **atau** (4) Pada irisan tipis, memiliki bentukan liat terorientasi, yang secara mikromorfologi berjumlah lebih dari 1 persen; **atau** (5) Apabila koefisien pemuai linier sebesar 0,004 atau lebih, dan tanah berada pada wilayah dengan musim hujan dan kemarau yang nyata, maka rasio liat halus terhadap liat total pada horison iluviasi adalah 1,2 kali atau lebih, dibanding rasionya pada horison eluviasi; **dan**
2. Apabila horison eluviasi masih ada dan tidak terdapat diskontinuitas litologi (*lithologic discontinuity*) antara horison eluviasi dan iluviasi, serta tidak terdapat lapisan tapak bajak yang berada langsung di atas lapisan iluviasi, maka horison iluviasi harus mengandung lebih banyak liat total dibanding horison eluviasi, di dalam jarak vertikal 30 cm atau kurang, sebagai berikut :
 - a. Apabila salah satu bagian dari horison eluviasi, dalam fraksi tanah halusnya mengandung liat total kurang dari 15 persen, maka horison argilik harus

mengandung minimal 3 persen (absolut) liat lebih banyak (misalnya 10 persen vs 13 persen) ; **atau**

- b. Apabila horison eluviasi, dalam fraksi tanah halus mengandung liat total antara 15 sampai 40 persen, maka horison argilik harus mengandung liat 1,2 kali lebih banyak dibandingkan horison eluviasi; **atau**
- c. Apabila horison eluviasi, dalam fraksi tanah halusnya mengandung liat total 40 persen atau lebih, maka horison argilik harus mengandung minimal 8 persen (absolut) liat lebih banyak (misalnya 42 persen banding 50 persen)

Pada umumnya Alfisol merupakan tanah yang subur, banyak digunakan untuk pertanian, rumput ternak atau hutan. Selain memiliki kejenuhan basah yang tinggi, Alfisol juga memiliki kapasitas tukar kation dan cadangan unsur hara yang tinggi. Namun pengolahan tanah yang intensif akan menyebabkan kesuburan tanah yang semakin rendah. Alfisol pada Slamparejo terdapat selaput liat pada horison bawah yang menandakan terbentuknya horison argilik. Alfisol pada Slamparejo juga memiliki tingkat kesuburan yang tergolong rendah yang ditandai dengan kenampakan fisik pada pertumbuhan tanaman yang tumbuh di atasnya selain itu memiliki kandungan C-organik yang rendah yang berkisar antara 1.5-1.7 %. Hal ini disebabkan oleh pengolahan tanah yang intensif yang menimbulkan penurunan kandungan bahan organik pada lapisan tanah atas. Selain itu, adanya pengangkutan hasil panen keluar dari area pertanian sehingga kandungan unsur hara dalam tanah menjadi berkurang. Oleh karena itu diperlukan suatu cara pengelolaan yang khusus yaitu penambahan bahan organik pada tanah.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, dilanjutkan dengan analisis kimia dan fisika yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Fisika Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilakukan mulai bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2010.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah polibag yang berkapasitas 5 kg, timbangan, ayakan, sekop untuk pengambilan tanah, peralatan untuk pengamatan dan pemeliharaan yang terdiri dari penggaris atau meteran untuk mengukur tinggi tanaman, gembor air untuk menyiram tanaman dan peralatan laboratorium yang digunakan untuk analisis.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan terdiri atas bahan tanah dari Desa Slamparejo, limbah biogas kotoran sapi, dan pupuk kandang sapi yang berasal dari Desa Salamparejo, Urea, SP-36, KCl serta benih jagung manis (*Zea mays Saccharata*).

3.3. Metodologi Penelitian

Metode Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dosis (Tabel 3). Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 3 kali. Denah perlakuan di rumah kaca disajikan pada lampiran 4. Dosis pemberian limbah biogas dan pupuk kandang sapi yang telah diperoleh kemudian dikonversikan ke dalam dosis per polibag (Lampiran 2) yang disetarakan dengan 50% (99.31 kgN/ha), 100% (198.62 kgN/ha) dan 150% (297.93 kgN/ha) kebutuhan N tanah.

Tabel 3. Perlakuan yang Diberikan dalam Penelitian

No	Kode	Dosis	Dosis bahan organik
1	T0	Kontrol	Tanpa pemberian pupuk
2	T1	Tanah + Urea (100% N) + SP36 (100 kg/ha)	0.43 ton/ha Urea (setara 198.62 kgN/ha) + 0.64 ton/ha SP-36
3	L1	Tanah + limbah biogas (50% N *)	7.04 ton/ha (setara 99.31 kgN/ha)
4	L2	Tanah + limbah biogas (100% N *)	14.09 ton/ha (setara 198.62 kgN/ha)
5	L3	Tanah + limbah biogas (150% N *)	21.13 ton/ha (setara 297.93 kgN/ha)
6	P1	Tanah + pupuk kandang sapi (50% N *)	9.53 ton/ha (setara 99.31 kgN/ha)
7	P2	Tanah + pupuk kandang sapi (100% N *)	19.05 ton/ha (setara 198.62 kgN/ha)
8	P3	Tanah + pupuk kandang sapi (150% N *)	28.58 ton/ha (setara 297.93 kgN/ha)

Keterangan:

L = Limbah biogas

K = Pupuk kandang sapi

* : kebutuhan N setara 198.62 kgN/ha

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pengambilan Contoh Tanah

Contoh tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm dari Alfisol Slamparejo Jabung, Kabupaten Malang. Contoh tanah dikering-udarkan selama dua minggu, dihaluskan dan diayak hingga lolos ayakan 2 mm kemudian tanah ditimbang sesuai kebutuhan tanah per polibag yaitu 5 kg setara kering oven, lalu dimasukkan ke dalam polibag.

3.4.2. Analisis Dasar

Analisis dasar dilakukan pada contoh tanah dan pupuk organik. Analisis dasar tanah meliputi: pH (H₂O), KTK, C-organik, N tersedia, N total, P total, P tersedia, Basa-basa dapat ditukar (K, Na, Ca, Mg), kadar air tanah (kapasitas lapang), bobot isi tanah, dan tekstur tanah. Analisis limbah biogas dan pupuk kandang sapi meliputi: pH (H₂O), C-organik, N tersedia, N total, P tersedia, nisbah C/N, dan kadar air (kondisi kering). Analisis dasar tanah dan pupuk organik serta metode analisis yang digunakan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Dasar Tanah dan Pupuk Organik serta Metode yang Digunakan

Analisis	Metode	Tanah	Pupuk Organik
pH (H ₂ O) 1:1	Glass Elektrode	√	√
KTK (me. 100 g ⁻¹)	NH ₄ OAc pH 7	√	
C-organik (%)	Walkey and Black	√	√
N tersedia (ppm)	Kjeldahl	√	
N total (%)	Kjeldahl	√	√
P tersedia (ppm)	Bray I	√	√
P total (ppm)	Ekstrak HCl 25%	√	
Berat Isi (g cm ⁻³)	Volumetri	√	
Tekstur	Pipet	√	
Kadar air (%)	Gravimetri	√	√
Basa-basa dapat ditukar (K, Na, Ca, Mg)	Ekstraksi dengan NH ₄ O Ac 1 N pH 7,0	√	
Nisbah C/N dan C/P	(C total) : (N total)		√

3.4.3. Persiapan Media dan Penanaman

Persiapan media menggunakan dua cara yaitu media untuk percobaan inkubasi (tanpa tanaman) dan media dengan menggunakan tanaman. Perlakuan yang digunakan pada kedua percobaan adalah sama.

a. Percobaan inkubasi

Percobaan tanpa tanaman (percobaan inkubasi) digunakan untuk mengetahui apakah perlakuan penambahan bahan organik dapat meningkatkan kandungan hara tanah sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Hal ini diketahui dengan pengambilan sampel analisis kimia tanah dari hasil percobaan inkubasi. Selama proses inkubasi tanah dikondisikan tetap dalam keadaan kapasitas lapangan melalui pemberian air. Banyaknya air yang diberikan sesuai dengan hasil pengecekan kadar air tanah setiap tujuh hari sekali.

b. Percobaan menggunakan tanaman

Selain percobaan tanpa tanaman, dilakukan juga percobaan dengan menggunakan tanaman. Pada media dengan tanaman, tanah yang telah ditimbang dicampur merata dengan limbah biogas dan pupuk kandang sapi sesuai dengan dosis

yang telah ditentukan. Kemudian benih jagung ditanam ke dalam media tanam yang telah disiapkan masing-masing 3 biji per polibag seminggu setelah pencampuran tanah dengan bahan organik. Penjarangan dilakukan setelah 14 hari. Penjarangan dilakukan dengan menyisakan satu tanaman per polibag yang pertumbuhannya terbaik.

3.4.4. Pemupukan

Pemupukan diberikan sesuai dosis pemupukan tanaman jagung yang dianjurkan (Rukmana, 1997) yaitu: Urea 300 kg/ha, SP-36 100 kg/ha dan KCl 50 kg/ha. Pupuk urea dan SP-36 hanya diberikan pada perlakuan yang tidak ditambahkan limbah biogas dan pupuk kandang sapi (perlakuan T1). Khusus pupuk KCl diberikan pada semua perlakuan. Takaran pupuk yang digunakan disesuaikan dengan perhitungan kebutuhan tanaman (Lampiran 3). Pupuk Urea diberikan 2 kali yakni saat tanam 1/2 dosis dan 1/2 dosis diberikan saat umur 1 bulan, hal ini dikarenakan sifat pupuk N yang umumnya mobile, maka untuk mengurangi kehilangan N karena pencucian maupun penguapan, maka N diberikan secara bertahap. Pupuk KCl dan Pupuk Sp-36 diberikan pada saat tanam sedangkan untuk limbah biogas dan pupuk kandang diberikan satu kali yaitu satu minggu sebelum tanam sesuai dengan kebutuhan perhitungan kebutuhan tanaman per polibag (Lampiran 2).

3.4.5. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan cara menjaga kondisi air tanah pada kondisi kapasitas lapang dengan menambahkan air pada saat awal tanam dan secara berkelanjutan sesuai kebutuhan.

3.5. Pengamatan dan Analisis Data

3.5.1. Pengamatan

Obyek pengamatan meliputi tanah dan tanaman (Tabel 5). Pengamatan tanah (percobaan inkubasi) dilakukan secara destruktif yaitu N total, N tersedia, P tersedia, pH (H₂O) dan C-organik pada 2, 4, 6 MSI.

Pengamatan tanaman dilakukan dengan dua cara, yaitu secara destruktif dan non destruktif.

A. Pengamatan non destruktif

Parameter yang diamati:

1. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah sampai bagian tanaman yang paling tinggi.

2. Jumlah daun

Dihitung dari seluruh daun yang membuka sempurna dan tidak keriting.

Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan pada saat 2 MST, 4 MST, 6 MST.

B. Pengamatan destruktif

Biomassa tanaman (bobot kering) yang diperoleh dengan cara mengoven semua bagian tanaman pada suhu 60° selama 3 x 24 jam, kemudian dihaluskan dan ditimbang selanjutnya dianalisis di Laboratorium Kimia Tanah dengan menggunakan alat dan bahan yang tersedia.

Tabel 5. Parameter Pengamatan dan Metode Analisis

Obyek	Parameter	Metode Analisis	Waktu Pengamatan
Tanaman	Tinggi tanaman	Non destruktif	2, 4, 6 MST
	Jumlah daun	Non destruktif	2, 4, 6 MST
	Biomassa tanaman (akar, tajuk)	Destruktif	6 MST
	Serapan N	Kadar N tajuk tanaman x BK. Tajuk tanaman	6 MST
	Serapan P	Kadar P tajuk tanaman x BK. Tajuk tanaman	6 MST
	Tanah	C-organik	Walkey and Black
pH (H ₂ O) 1:1		Glass Elektrode	2, 4, 6 MSI
N total		Kjeldahl	2, 4, 6 MSI
N tersedia (NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻)		Kjeldahl	2, 4, 6 MSI
P tersedia		Bray I	2, 4, 6 MSI

3.5.2. Analisis Data

Pengaruh perlakuan terhadap ketersediaan dan serapan N, P serta pertumbuhan tanaman jagung diketahui dengan analisis ragam atau uji F dengan taraf 5 %. Perlakuan yang berpengaruh terhadap parameter yang diamati dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5%. Kemudian untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan dilakukan uji korelasi dengan menggunakan software SPSS 12 dan Exel 2007.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Kimia Limbah Biogas dan Pupuk Kandang

4.1.1. Kandungan Unsur Hara Limbah Biogas dan Pupuk Kandang

Bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini, masing-masing memiliki potensi dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah (khususnya N dan P). Limbah biogas memiliki kandungan karbon lebih rendah (7.62%) dibandingkan dengan pupuk kandang (12.74%). Rendahnya kandungan karbon dalam limbah biogas disebabkan karena limbah biogas telah diproses secara anaerob, sehingga sebagian karbon hilang menjadi gas metan (CH_4) yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Peningkatan ketersediaan unsur hara (N dan P) ditentukan oleh kualitas pupuk organik. Limbah biogas memiliki kandungan N (1.41%) dan P (0.85 ppm) yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang (N: 1.04% dan P: 0.60 ppm). Tingginya kandungan N dan P pada limbah biogas menyebabkan nisbah C/N dan C/P rendah (C/N: 5.4 dan C/P: 8.9) dibandingkan pupuk kandang (C/N: 12.2 dan C/P: 21.2). Hal ini berarti bahwa limbah biogas memiliki kualitas yang lebih baik sebagai bahan organik dibandingkan dengan pupuk kandang karena kecepatan mineralisasi pada limbah biogas lebih tinggi. Rendahnya nisbah C/N dan C/P menandakan bahan organik mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme sehingga mempercepat ketersediaan N dan P tanah (Hanafiah, 2005).

4.1.2. Kemasaman (pH) Limbah Biogas dan Pupuk Kandang

Limbah biogas memiliki pH yang lebih tinggi (7.10) dibandingkan dengan pupuk kandang (6.78). Tingginya pH pada limbah biogas disebabkan karena limbah biogas telah diproses secara anaerob, dimana selama proses tersebut bahan organik didekomposisikan oleh mikroba anaerob. Hasil dekomposisi bahan organik tersebut diduga melepaskan kation-kation basa yang meningkatkan konsentrasi OH^- sehingga meningkatkan pH limbah biogas. Peningkatan pH bahan organik akan diikuti dengan

peningkatan ketersediaan unsur hara karena semakin rendah kemasaman tanah (pH tinggi) maka proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme semakin cepat sehingga ketersediaan unsur hara meningkat. Menurut Rao (2007) pH optimum untuk ketersediaan unsur hara bahan organik adalah sekitar 6.5-8.

4.2. Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Sifat Kimia Tanah

4.2.1. Kemasaman (pH) Tanah

Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap pH (H₂O) tanah setiap waktu pengamatan (Lampiran 7). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang cenderung meningkatkan pH tanah dari kontrol pada awal hingga akhir inkubasi. Hasil pengukuran pH tanah pada 2 MSI, menunjukkan peningkatan kecuali perlakuan urea+SP₃₆ (T1), perlakuan limbah biogas 50% N (L1), perlakuan pupuk kandang 100% N (P2) dan 150% N (P3). Pada 4 MSI dan 6 MSI, pH tanah mengalami peningkatan kecuali perlakuan urea+SP₃₆ (T1) (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai pH (H₂O) Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	pH					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
T0	5.66	bc	5.68	a	5.63	a
T1	5.44	a	5.55	a	5.52	a
L1	5.61	b	5.85	b	5.89	bc
L2	5.81	d	6.03	cd	5.99	bc
L3	5.75	cd	6.04	d	6.01	c
P1	5.69	bcd	5.87	bc	5.88	bc
P2	5.66	bc	5.84	b	5.84	b
P3	5.66	bc	5.92	bcd	5.90	bc

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji duncan taraf 5%. Pupuk urea (T1) diberikan melalui 2 tahap (1/2 dosis pemberian awal dan 1/2 dosis tanaman berumur 1 bulan)

Peningkatan pH tertinggi dari semua waktu pengamatan terjadi pada pengamatan 4 MSI. Peningkatan pH tertinggi pemberian limbah biogas adalah

perlakuan 150% N (L3). Nilai pH tertinggi pemberian pupuk kandang juga terjadi pada perlakuan 150% N (P3). Jika dibandingkan antara pemberian limbah biogas dan pupuk kandang dengan dosis yang sama yaitu 150% N, nilai pH pada limbah biogas lebih tinggi (6.04) dibandingkan dengan pupuk kandang (5.92). Hal ini berarti bahwa pada pengamatan 4 MSI, limbah biogas meningkatkan pH lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang.

Pemberian limbah biogas meningkatkan pH tanah lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang pada 4 MSI. Hal ini diduga karena nilai pH limbah biogas pada analisis dasar lebih tinggi sebesar 7.10 (bersifat netral) sehingga memungkinkan bagi mikroorganisme tanah untuk mendekomposisikan bahan organik secara optimal. Hasil dekomposisi limbah biogas diduga banyak melepaskan kation-kation basa yang meningkatkan konsentrasi OH^- dalam tanah sehingga pH tanah meningkat. Kation-kation basa seperti kalium akan terhidrolisis yang menghasilkan OH^- . Menurut Sajarwan (1998) pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah akan menyebabkan tanah jenuh dengan kation-kation tersebut sehingga meningkatkan konsentrasi ion OH^- dan pada akhirnya akan meningkatkan pH tanah. Peningkatan nilai pH tanah akan diikuti dengan peningkatan ketersediaan unsur hara tanah karena semakin rendah kemasaman tanah (pH tinggi) maka proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme semakin cepat sehingga ketersediaan unsur hara tanah meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Okoro *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa pH tanah mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah dalam mendekomposisikan bahan organik. Hanafiah (2005) menambahkan pH optimum untuk ketersediaan unsur hara tanah adalah sekitar 6-7, karena pada pH tersebut semua unsur hara makro tersedia secara maksimum.

Perlakuan urea+SP₃₆ sebagai pembanding mengalami penurunan pH tanah dari kontrol pada setiap waktu pengamatan. Hal ini diduga adanya penambahan urea yang memiliki reaksi nitrifikasi yang cepat dimana NH_4^+ cepat diubah menjadi NO_3^- dan melepaskan H^+ sebagai penyumbang kemasaman tanah. Secara umum, terjadi penurunan nilai pH pengamatan 6 MSI dari 4 MSI. Penurunan ini diduga adanya pelepasan asam-asam organik hasil dekomposisi yang terlarut dalam air dan bereaksi

dengan molekul air menghasilkan HCO_3^- dan H^+ sehingga semakin banyak asam organik yang dilepaskan yang mengakibatkan pH tanah akan semakin rendah.

4.2.2. Kandungan C-Organik Tanah

Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap C-organik tanah setiap waktu pengamatan (Lampiran 8). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan C-organik tanah dari kontrol pada awal hingga akhir inkubasi (Tabel 7).

Tabel 7. Kandungan C-Organik Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	C-organik (%)					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
	Absolut	Relatif *)	Absolut	Relatif *)	Absolut	Relatif *)
T0	0.55	b	0	0.47	b	0
T1	0.42	a	-0.13	0.40	a	-0.08
L1	0.75	c	0.20	0.74	cd	0.26
L2	0.79	cde	0.24	0.78	d	0.31
L3	0.83	de	0.29	0.82	e	0.35
P1	0.76	cd	0.22	0.75	cd	0.28
P2	0.85	e	0.30	0.82	e	0.35
P3	0.86	e	0.31	0.84	e	0.36

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%. Pupuk urea (T1) diberikan melalui 2 tahap (1/2 dosis pemberian awal dan 1/2 dosis tanaman berumur 1 bulan)

*) Dibandingkan dengan kontrol (T0)

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa semakin lama inkubasi maka kandungan C-organik tanah semakin menurun. Hal ini diduga karena aktivitas mikroorganisme tanah yang merombak bahan organik meningkat. Berdasarkan hasil penelitian Sajarwan (1998), penurunan kandungan C-organik menandakan adanya aktivitas mikroba heterotrofik yang menggunakan karbon sebagai sumber energinya. Indah dan Syukur (2003) menambahkan bahwa pupuk organik yang telah mengalami dekomposisi sebagian karbon yang dihasilkan pada awalnya masuk ke dalam jaringan mikrobial tanah untuk pembentukan jaringan dan penyusunan sel, selanjutnya menjadi bagian yang labil dan akhirnya ditransformasikan ke bentuk senyawa humus

yang stabil. Selain itu, penurunan C-organik tanah diduga disebabkan karena perubahan C-organik menjadi gas (CO_2) yang mudah hilang dari dalam tanah sehingga kandungan C-organik tanah berkurang. Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa sebagian karbon dalam tanah diubah menjadi CO_2 yang mudah hilang dari dalam tanah.

Waktu pengamatan 2 MSI, kandungan C-organik tanah tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 150% N (L3). Kandungan C-organik tertinggi pemberian pupuk kandang juga terdapat pada perlakuan 150% N (P3). Jika dibandingkan antara pemberian limbah biogas dan pupuk kandang dengan dosis yang sama yaitu 150% N, kandungan C-organik pada limbah biogas lebih rendah (0.83%) dibandingkan dengan pupuk kandang (0.86%). Rendahnya nilai C-organik pada pemberian limbah biogas disebabkan karena kandungan karbon dalam limbah biogas pada analisis dasar lebih rendah (7.62%) dibandingkan dengan pupuk kandang (12.74%) (Lampiran 6) sehingga karbon yang ditambahkan ke dalam tanah juga sedikit.

Pada perlakuan urea (T1) setiap waktu pengamatan mengalami penurunan dari kontrol. Hal ini diduga dengan adanya penambahan pupuk nitrogen pada awal tanam, nitrogen tersebut digunakan oleh mikroorganisme tanah sebagai starter dalam proses pembentukan tubuh dan sumber energi bagi aktivitas mikroorganisme tanah.

4.2.3. Kadar N Tanah

4.2.3.1. Kadar N Total Tanah

Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap N total tanah setiap waktu pengamatan (Lampiran 9). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan kadar N total tanah dari kontrol pada awal hingga akhir inkubasi (Tabel 8).

Tabel 8. Kadar N Total Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	N Total (%)					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}
T0	0.09	a	0	0.10	a	0
T1	0.22	cd	0.14	0.22	bcd	0.12
L1	0.18	b	0.09	0.21	bc	0.11
L2	0.24	de	0.15	0.24	cd	0.14
L3	0.29	f	0.20	0.30	e	0.20
P1	0.16	b	0.08	0.20	b	0.10
P2	0.21	c	0.12	0.22	bcd	0.11
P3	0.26	e	0.18	0.26	d	0.15

Keterangan: Lihat Tabel 7 tanah tertinggi dari semua waktu pengamatan terjadi pada pengamatan 4 MSI. Peningkatan N total tanah tertinggi pemberian limbah biogas terdapat pada perlakuan 150% N (L3) sebesar 0.30%. Peningkatan N total tanah tertinggi pemberian pupuk kandang juga terdapat pada perlakuan 150% N sebesar 0.26%. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama (150% N) pengamatan 4 MSI, kadar N total tanah pemberian limbah biogas berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang.

Peningkatan kadar N total tanah pemberian limbah biogas lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang pada 4 MSI. Hal ini disebabkan dekomposisi limbah biogas dalam tanah merupakan dekomposisi lanjutan, sebelum diaplikasikan sebagai pupuk organik, limbah biogas telah diproses secara anaerob yang mengubah nitrogen yang terdapat pada limbah menjadi bentuk mineral (FAO, 1996). Setelah diaplikasikan pada tanah sebagai pupuk organik, N hasil proses anaerob menambahkan N yang terdapat dalam tanah. Hal ini juga didukung dari hasil analisis dasar limbah biogas yang memiliki kadar N yang lebih tinggi (1.41%) dibandingkan dengan pupuk kandang (1.04%). Selain itu nisbah C/N pada limbah biogas lebih rendah (5.4) dibandingkan dengan pupuk kandang (12.2). Rendahnya nisbah C/N menunjukkan telah terjadi proses mineralisasi sehingga N tersedia dalam tanah.

Secara umum, terjadi penurunan N total tanah pada 6 MSI dari 4 MSI. Penurunan kadar N total ini kemungkinan disebabkan adanya proses volatilisasi. Amonia merupakan gas yang mudah menguap, sehingga ketersediaan N dalam tanah berkurang yang pada akhirnya menurunkan jumlah N total dalam tanah.

4.2.3.2. Kadar N Tersedia Tanah

Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap N tersedia tanah setiap waktu pengamatan (Lampiran 10). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang secara umum meningkatkan N tersedia tanah dari kontrol pada awal hingga akhir inkubasi (Tabel 9).

Tabel 9. Kadar N Tersedia Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	N Tersedia (ppm)					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}
T0	52.47	a	0	45.68	a	0
T1	60.31	ab	7.84	48.61	ab	2.93
L1	54.47	a	2.00	53.90	b	8.22
L2	71.30	b	18.84	70.07	cd	24.39
L3	71.38	b	18.92	72.21	d	26.53
P1	53.82	a	1.35	53.27	b	7.60
P2	60.55	ab	8.08	64.86	c	19.19
P3	65.96	b	13.49	63.82	c	18.14

Keterangan: Lihat Tabel 7

Pengamatan 2 MSI, kadar N tersedia tertinggi pada pemberian limbah biogas adalah perlakuan 150% N (L3) yaitu 71.32 ppm. Kadar N tersedia tertinggi pemberian pupuk kandang juga terjadi pada perlakuan 150% N (P3) yaitu 65.95 ppm. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama (150% N), kadar N tersedia tanah pemberian limbah biogas tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang. Kadar N tersedia tanah secara umum pada 2 MSI dari limbah biogas > pupuk kandang > urea.

Rendahnya kadar N tersedia pemberian pupuk kandang pada 2 MSI diduga karena kandungan bahan yang lebih kompleks pada pupuk kandang menyebabkan mineralisasi bahan organik lebih lambat dibandingkan dengan limbah biogas yang telah diproses secara anaerob oleh mikroorganisme yang mengubah kandungan bahan organik yang kompleks menjadi lebih sederhana. Hal ini didukung dengan hasil analisis dasar limbah biogas yang menunjukkan nisbah C/N lebih rendah yaitu 5.4

sedangkan pupuk kandang 12.2. Rendahnya nisbah C/N menunjukkan telah terjadi proses mineralisasi sehingga N tersedia dalam tanah (Hanafiah, 2005).

Pada pengamatan 4 MSI, perlakuan urea sebagai pembanding memiliki kadar N tersedia terendah dibandingkan dengan limbah biogas dan pupuk kandang. Rendahnya kadar N tersedia pada pupuk urea karena urea merupakan pupuk anorganik yang mudah terhidrolisis ke dalam tanah menjadi ammonia dan karbondioksida, keduanya berbentuk gas dan mudah hilang dari dalam tanah. Sedangkan pada pemberian limbah biogas dan pupuk kandang, beberapa perlakuan mengalami penurunan dari 2 MSI. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan karena N tersedia digunakan oleh mikroorganisme tanah untuk pembentukan tubuhnya. Kemudian pada 6 MSI, kadar N tersedia semua perlakuan kembali mengalami peningkatan. Hal ini diduga disebabkan oleh jasad mikroorganisme yang telah mati sehingga N dikembalikan ke dalam tanah yang pada akhirnya meningkatkan N tersedia tanah. Semakin meningkatnya N tersedia tanah dari awal hingga akhir inkubasi karena penelitian ini merupakan percobaan yang tidak dipengaruhi penyerapan unsur N oleh tanaman, sehingga N relatif tetap ada dan terus meningkat.

4.2.4. Kadar P Tersedia Tanah

Pemberian urea+SP₃₆, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap P tersedia tanah pada setiap waktu pengamatan (Lampiran 11). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan kadar P tersedia tanah dari kontrol pada awal hingga akhir inkubasi (Tabel 10).

Tabel 10. Kadar P Tersedia Tanah pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	P Tersedia (ppm)					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}
T0	8.71	a 0	6.52	a 0	7.49	a 0
T1	18.99	bc 10.28	18.29	b 11.77	17.83	b 10.34
L1	18.74	bc 10.03	18.12	b 11.60	18.55	b 11.06
L2	20.53	bc 11.82	20.52	c 14.00	21.42	c 13.93
L3	25.36	d 16.65	25.43	e 18.91	25.48	e 17.99
P1	16.99	b 8.28	17.18	b 10.66	17.84	b 10.35
P2	20.47	bc 11.77	22.10	cd 15.58	20.75	c 13.26
P3	22.00	cd 13.30	22.33	d 15.81	22.55	d 15.06

Keterangan: Lihat Tabel 7

Pada 2 MSI, kadar P tersedia tertinggi pada pemberian limbah biogas adalah perlakuan 150% N (L3) yaitu 25.36 ppm. Kadar P tersedia tertinggi pemberian pupuk kandang juga terjadi pada perlakuan 150% N (P3) yaitu 22.00 ppm. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama (150% N), kadar P tersedia tanah pemberian limbah biogas tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang. Kadar P tersedia tanah secara umum pada 2 MSI dari limbah biogas > pupuk kandang > SP₃₆.

Tingginya kadar P tersedia tanah pada pemberian limbah biogas pengamatan 2 MSI diduga karena sesuai hasil analisis dasar, nilai C/P yang rendah pada limbah biogas (Lampiran 6) menyebabkan limbah biogas mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme dan menghasilkan P tersedia dalam tanah. Utami *et al.* (2007) menyatakan bahwa adanya nisbah C/P yang rendah menyebabkan bahan organik mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme sehingga mampu mempercepat pelepasan hara (terutama P) yang dibutuhkan tanaman.

Pengamatan 4 MSI, kadar P tersedia tanah tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 150% N (L3) yaitu 25.43 ppm. Kadar P tersedia tertinggi pemberian pupuk kandang juga terjadi pada perlakuan 150% N (P3) yaitu 22.33 ppm. Terdapat beberapa perlakuan yang mengalami penurunan kadar P dari 2 MSI. Penurunan kadar P ini diduga adanya pengikatan P sementara oleh mikroorganisme dalam pembentukan tubuhnya. Buresh *et al.* (1997) menyatakan bahwa salah satu penyebab kehilangan P dari tanah adalah digunakan oleh mikroba tanah dan diubah menjadi P-

organik. Pada 6 MSI, ketersediaan P dalam tanah pada semua perlakuan semakin meningkat. Hal ini diduga karena P yang digunakan oleh mikroorganisme telah dikembalikan ke tanah. Selain itu, percobaan ini merupakan percobaan inkubasi tanpa adanya pengaruh serapan P oleh tanaman, sehingga ketersediaan P dalam tanah tetap ada dan terus meningkat.

4.3. Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Serapan Tanaman Jagung

4.3.1. Tinggi Tanaman

Pertumbuhan tanaman jagung ditunjukkan oleh tinggi tanaman dan jumlah daun. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah sampai pucuk daun tertinggi. Pemberian urea+SP₃₆, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung pada 6 MST (Lampiran 12). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan tinggi tanaman jagung dari kontrol pada awal sampai akhir masa tanam (Tabel 11).

Tabel 11. Tinggi Tanaman Jagung pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	Tinggi Tanaman (cm)								
	2 MSI			4 MSI			6 MSI		
	Absolut		Relatif ^{*)}	Absolut		Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}	
T0	34.73	a	0	72.33	a	0	121.40	a	0
T1	39.43	b	4.70	86.33	ab	14.00	144.03	c	22.63
L1	39.21	b	4.48	86.00	ab	13.67	141.97	c	20.57
L2	40.17	b	5.43	88.08	ab	15.74	143.63	c	22.23
L3	40.57	b	5.83	97.50	b	25.17	142.50	c	21.10
P1	37.70	ab	2.97	82.00	ab	9.67	140.65	b	19.25
P2	39.10	b	4.37	83.33	ab	11.00	141.37	bc	19.97
P3	38.53	ab	3.80	83.00	ab	10.67	140.83	b	19.43

Keterangan: Lihat Tabel 7

Pengamatan 6 MST, tinggi tanaman tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 100% N (L2) sebesar 143.63 cm. Tinggi tanaman tertinggi pemberian pupuk kandang juga terjadi pada perlakuan 100% N (P2) sebesar 141.37 cm.

Pemberian limbah biogas secara umum memiliki nilai absolut dan relatif dari kontrol lebih besar dibandingkan dengan pupuk kandang.

Tinggi tanaman pemberian limbah biogas lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian pupuk kandang pada pengamatan 6 MST. Hal ini diduga kecepatan dekomposisi pada limbah biogas mampu menyediakan unsur hara bagi tanaman sampai akhir masa pertumbuhannya sehingga meningkatkan tinggi tanaman jagung. Tinggi tanaman pada perlakuan urea+SP₃₆ (T1) lebih tinggi dari kontrol dan semua perlakuan pada 6 MST. Hal ini disebabkan penambahan 1/2 dosis dari perhitungan dosis pupuk urea (Lampiran 3) pada saat tanaman berumur 30 hari, sehingga N tersedia dalam jumlah yang banyak dan dapat diserap tanaman dalam masa vegetatif.

Tinggi tanaman berkorelasi positif dan nyata dengan N tersedia ($r = 0.79$) dan P tersedia ($r = 0.87$) (Lampiran 20). Ini berarti bahwa dengan meningkatnya kandungan N tersedia dan P tersedia dalam tanah maka akan diikuti dengan peningkatan tinggi tanaman. Syekhfani (1997) menyatakan N merupakan unsur yang berpengaruh cepat terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, merupakan penyusun protein, komponen yang sangat penting dalam organ tanaman sehingga diperlukan dalam jumlah yang relatif banyak. Jumlah N dan warna hijau dalam tanaman dapat mengindikasikan jumlah klorofil yang berperan dalam fotosintesis sebagai pelaku utama. Hasil fotosintesis dapat didistribusikan ke seluruh bagian tanaman untuk pertumbuhan tanaman. Sedangkan ketersediaan P yang tinggi akan meningkatkan serapan P optimum oleh tanaman sehingga pertumbuhan tinggi tanaman semakin cepat karena fungsi P dalam tanaman adalah untuk proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga apabila P yang diserap tanaman tinggi maka proses pembelahan dan pembesaran sel semakin cepat yang pada akhirnya meningkatkan tinggi tanaman (Hardjowigeno, 2003).

4.3.2. Jumlah Daun

Pemberian urea+SP₃₆, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada 4 MST dan 6 MST (Lampiran 13). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan jumlah daun tanaman dari kontrol pada awal sampai akhir masa tanam (Tabel 12).

Tabel 12. Jumlah Daun Tanaman Jagung pada 2, 4 dan 6 MSI

Kode	Jumlah Daun (helai)					
	2 MSI		4 MSI		6 MSI	
	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}	Absolut	Relatif ^{*)}
T0	4.67	a	0	7.67	a	0
T1	5.67	b	1.00	7.67	a	0.00
L1	5.00	ab	0.33	9.00	b	1.33
L2	5.67	b	1.00	9.00	b	1.33
L3	5.67	b	1.00	9.00	b	1.33
P1	5.00	ab	0.33	8.00	a	0.33
P2	5.33	ab	0.67	8.33	ab	0.67
P3	5.33	ab	0.67	9.00	b	1.33

Keterangan: Lihat Tabel 7

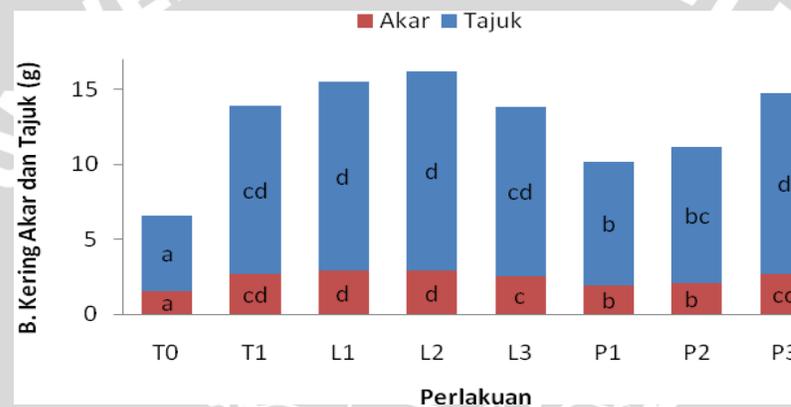
Pengamatan 6 MST, jumlah daun tanaman terbanyak pemberian limbah biogas perlakuan 100% N (L2) sebesar 12.67 helai, sedangkan pada dosis yang sama (100% N) jumlah daun pemberian pupuk kandang lebih sedikit. Jumlah daun terbanyak pemberian pupuk kandang terdapat pada perlakuan 150% N (P3) sebesar 12 helai. Pemberian limbah biogas secara umum memiliki nilai absolut dan relatif terhadap kontrol lebih besar dibandingkan dengan pupuk kandang.

Jumlah daun tanaman pemberian limbah biogas lebih banyak dibandingkan dengan pemberian pupuk kandang pada pengamatan 6 MST. Dengan meningkatnya tinggi tanaman maka akan diikuti dengan peningkatan jumlah daun karena kecepatan dekomposisi pada limbah biogas mampu menyediakan unsur hara bagi tanah sehingga dapat langsung diserap tanaman. Jumlah daun tanaman pada perlakuan urea+SP₃₆ (T1) lebih tinggi dari kontrol dan semua perlakuan pada 6 MST. Hal ini disebabkan penambahan 1/2 dosis dari perhitungan dosis pupuk urea (Lampiran 3)

pada saat tanaman berumur 30 hari, sehingga N tersedia dalam jumlah yang banyak dan dapat diserap tanaman dalam masa vegetatif.

4.3.3. Bobot Kering Tanaman (Tajuk dan Akar)

Pemberian urea+SP₃₆, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk, bobot kering akar serta nisbah tajuk/akar tanaman pada penamatan 6 MST (Lampiran 14 dan 15). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan bobot kering tajuk, akar dan nisbah tajuk/akar tanaman dari kontrol (Gambar 1 dan 2).



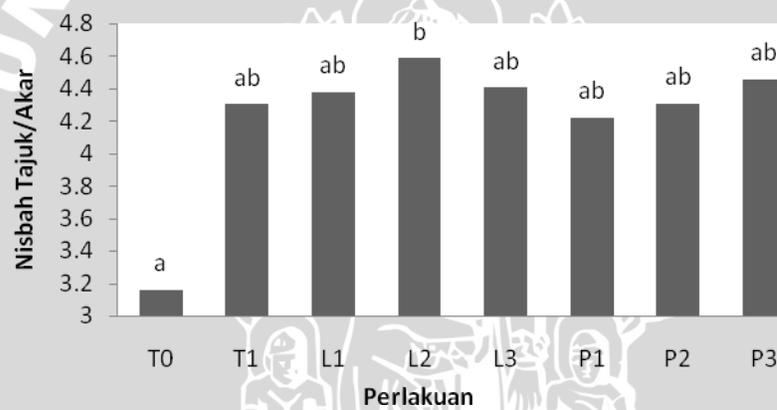
Keterangan: T0: kontrol; T1: urea+SP₃₆; L1: 50% N dalam limbah biogas; L2: 100% N dalam limbah biogas; L3: 150% N dalam limbah biogas; P1: 50% N dalam pupuk kandang; P2: 100% N dalam pupuk kandang; P3: 150% N dalam pupuk kandang

Gambar 1. Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung pada 6 MST

Bobot kering tanaman tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 100% N (L2) sebesar 13.39 g untuk tajuk dan 2.90 g untuk akar, sedangkan bobot kering tanaman tertinggi pemberian pupuk kandang terdapat pada perlakuan 150% N (P3) sebesar 12.05 g untuk tajuk dan 2.71 g untuk akar. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama yaitu 100% N, bobot kering tanaman (tajuk dan akar) pemberian limbah biogas berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang (Lampiran 18).

Tingginya bobot kering tanaman pemberian limbah biogas diduga kecepatan dekomposisi pada limbah biogas mampu menyediakan unsur hara yang digunakan

tanaman dalam pertumbuhannya sehingga semakin banyak N yang diserap tanaman akan meningkatkan bobot kering tanaman. Peningkatan bobot kering tanaman tersebut karena jumlah N yang diserap berpengaruh terhadap kandungan protein yang mempengaruhi pertumbuhan sel-sel tanaman sedangkan unsur P dapat merangsang pertumbuhan akar yang selanjutnya berpengaruh pada pertumbuhan bagian atas tanaman (pertumbuhan generatif). Ketersediaan unsur N dan P yang cukup dalam tanah akan ditranslokasikan ke bagian atas tanaman sehingga pertumbuhan tanaman akan meningkat yang pada akhirnya berat kering tanaman juga meningkat (Novizan, 2005). Peningkatan bobot kering akar diikuti peningkatan bobot kering tajuk karena akar dapat menyerap unsur hara dari tanah ke bagian batang dan daun tanaman.



Keterangan: Lihat Gambar 1

Gambar 2. Nisbah Tajuk/Akar Tanaman Jagung pada 6 MST

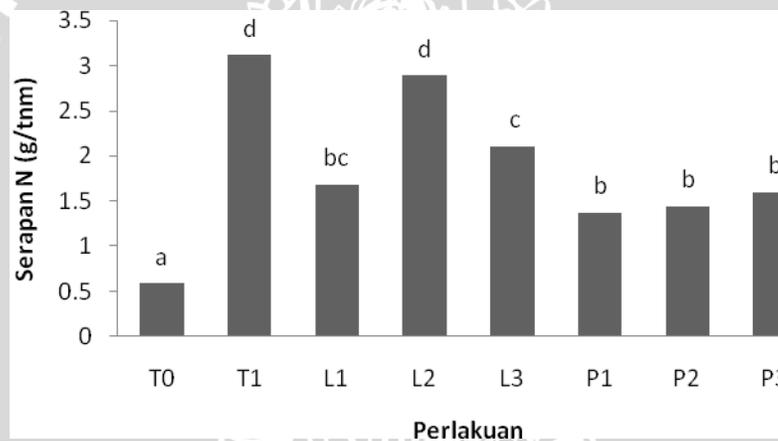
Nisbah bobot kering tajuk/akar tanaman pemberian limbah biogas yang tertinggi adalah perlakuan 100% N (L2) sebesar 4.59 g, sedangkan nisbah bobot kering tajuk/akar tanaman pemberian pupuk kandang yang tertinggi terdapat pada perlakuan 150% N (P3) sebesar 4.46 g. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama yaitu 100% N, nisbah tajuk/akar tanaman pemberian limbah biogas tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang (Lampiran 18).

Tingginya nisbah tajuk/akar tanaman pada pemberian limbah biogas disebabkan karena ketersediaan unsur hara N dan P tanah pada perlakuan limbah

biogas relatif lebih banyak sehingga penyerapan unsur hara juga tinggi yang pada akhirnya meningkatkan nisbah tajuk/akar tanaman. Soedomo (2006) menyatakan bahwa tanaman yang cukup mendapatkan unsur hara biasanya mempunyai daun yang berwarna hijau tua dan lebat dengan sistem akar yang kerdil, sehingga nisbah tajuk/akarnya tinggi.

4.3.4. Serapan N Tajuk Tanaman

Serapan N tanaman jagung menunjukkan banyaknya unsur N per satuan berat kering tanaman. Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap serapan N tanaman (Lampiran 16). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan serapan N tanaman dari kontrol (Gambar 3).



Keterangan: Lihat Gambar 1

Gambar 3. Serapan N Tajuk Tanaman Jagung pada 6 MST

Serapan N tanaman tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 100% N (L2) sebesar 2.85 g/tan, sedangkan serapan N tanaman tertinggi pemberian pupuk kandang terdapat pada perlakuan 150% N (P3) sebesar 1.60 g/tan. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama yaitu 100% N, serapan N tanaman pemberian limbah biogas berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang (Lampiran 19).

Tingginya serapan N tajuk pada pemberian limbah biogas diduga karena ketersediaan N tanah yang terserap tanaman lebih tinggi. Serapan N tanaman berdampak pada pertumbuhan tanaman (tinggi dan jumlah daun tanaman) dan bobot

kering tanaman. Suryantini (2005) menyatakan tersedianya N bagi tanaman dalam tanah akan menyebabkan peningkatan serapan N optimum akibatnya meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun dan pada akhirnya meningkatkan bobot tanaman. Hal ini juga didukung dari hasil korelasi yang menunjukkan hubungan yang positif antara serapan N optimum dengan N tersedia ($r = 0.69$); tinggi tanaman ($r = 0.71$); jumlah daun ($r = 0.86$); bobot kering tajuk ($r = 0.75$) dan bobot kering akar ($r = 0.76$) (Lampiran 20). Hal ini berarti bahwa peningkatan N tersedia akan diikuti peningkatan serapan N. Serapan N yang tinggi akan diikuti dengan peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot kering tanaman.

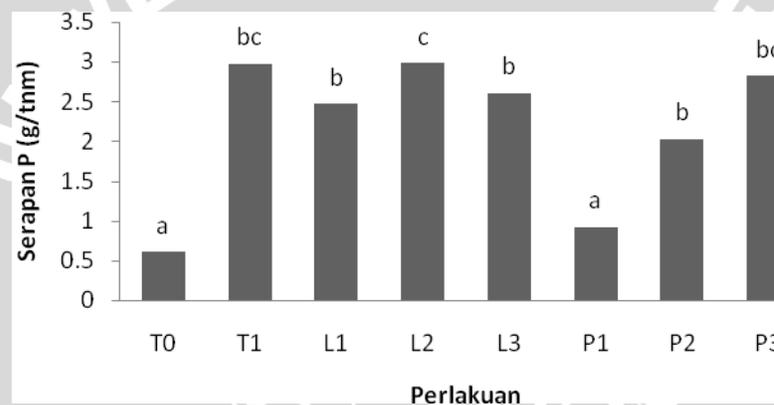
Pada pemberian limbah biogas, serapan N perlakuan 100% N (L2) lebih tinggi dibandingkan dengan 50% N (L1) dan 150% N (L3). Hal ini berarti bahwa perlakuan limbah biogas 100% (L2) dimungkinkan adalah dosis yang optimum bagi tanaman jagung. Sedangkan pada dosis yang lebih tinggi akan semakin menurunkan serapan N karena pemberian dosis pupuk yang berlebihan dapat berpengaruh buruk bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Apriwulandari (2008) yang menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk N dari 100 kg N/ha sampai 200 kg N/ha akan diikuti peningkatan serapan N secara kuadrat rata-rata sebesar 300.64 mg/tanaman. Namun dengan bertambahnya dosis pupuk N serapan N oleh tanaman juga semakin menurun. Sirappa (2002) menyatakan bahwa pemupukan berlebih dapat mengganggu keseimbangan hara dalam tanah. Tanaman mempunyai keterbatasan dalam menyerap unsur hara termasuk nitrogen sehingga meskipun ketersediaan N dalam tanah banyak, maka pertumbuhan tanaman akan tetap. Selain itu, pemupukan nitrogen yang tinggi menyebabkan penurunan kualitas tanaman karena menurunkan kadar karbohidrat.

Sebaliknya dengan pemberian pupuk kandang, semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin tinggi serapan N oleh tanaman. pemberian pupuk kandang perlakuan 150% N (P3) memiliki serapan N tertinggi dibandingkan dengan perlakuan pupuk kandang yang lain. Hal ini berarti bahwa diperlukannya dosis pupuk kadang yang lebih tinggi untuk ketersediaan hara bagi tanaman jagung dibandingkan dengan pemberian limbah biogas. Tingginya serapan N pada perlakuan urea+SP₃₆

dibandingkan dengan perlakuan yang lain disebabkan karena adanya pemberian urea 1/2 dari perhitungan dosis (Lampiran 3) pada saat tanaman berumur satu bulan, sehingga tanaman dengan cepat menyerap N yang tersedia dalam tanah.

4.3.5. Serapan P Tajuk Tanaman

Serapan P tanaman menunjukkan banyaknya unsur P per satuan berat kering tanaman. Pemberian urea, limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap serapan P tanaman (Lampiran 17). Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang meningkatkan serapan P tanaman dari kontrol (Gambar 4).



Keterangan: Lihat Gambar 1

Gambar 4. Serapan P Tajuk Tanaman Jagung pada 6 MST

Sama-halnya dengan serapan N tanaman, serapan P tanaman tertinggi pemberian limbah biogas adalah perlakuan 100% N (L2) sebesar 3.02 g/tan, sedangkan serapan P tanaman tertinggi pemberian pupuk kandang terdapat pada perlakuan 150% N (P3) sebesar 2.86 g/tan. Berdasarkan hasil uji Duncan pada dosis yang sama yaitu 100% N, serapan P tanaman pemberian limbah biogas berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang (Lampiran 19).

Tingginya serapan P tanaman pada pemberian limbah biogas diduga disebabkan karena ketersediaan P tanah yang terserap tanaman lebih tinggi. Hal ini didukung dari hasil korelasi yang menunjukkan hubungan yang positif antara serapan P dengan P tersedia ($r = 0.70$); tinggi tanaman ($r = 0.73$); jumlah daun ($r = 0.96$); bobot kering

tajuk dan akar ($r = 0.91$); nisbah tajuk/akar ($r = 0.78$) (Lampiran 20). Hal ini berarti bahwa peningkatan P tersedia dalam tanah akan diikuti peningkatan serapan P oleh tanaman. Serapan P yang tinggi akan diikuti dengan peningkatan pertumbuhan tanaman yang dapat dilihat dari tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot kering tanaman. Menurut Politycy (2007) meningkatnya serapan P dipengaruhi oleh besarnya ketersediaan P pada tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan serapan P tanaman akan diikuti oleh peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering tanaman. Adanya hubungan tersebut karena fungsi P di dalam tanaman adalah untuk proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga apabila P yang diserap tanaman tinggi maka proses pembelahan dan pembesaran sel semakin cepat dan tanaman akan semakin cepat pula tumbuh.

Sama-halnya dengan serapan N tanaman jagung pada pemberian limbah biogas, serapan P tanaman perlakuan 100% N (L2) lebih tinggi dibandingkan dengan 50% N (L1) dan 150% N (L3). Hal ini berarti bahwa perlakuan limbah biogas 100% (L2) dimungkinkan adalah dosis yang optimum bagi tanaman jagung. Sedangkan pada dosis yang lebih tinggi akan semakin menurunkan serapan P pada tanaman karena pemberian dosis pupuk yang berlebihan dapat berpengaruh buruk bagi pertumbuhan tanaman. Sirappa (2002) menyatakan pemupukan berlebih dapat mengganggu keseimbangan hara dalam tanah. Tanaman mempunyai keterbatasan dalam menyerap unsur hara sehingga meskipun ketersediaan hara dalam tanah banyak, maka pertumbuhan tanaman akan tetap.

Sebaliknya dengan pemberian pupuk kandang, semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin tinggi serapan P oleh tanaman jagung. Pemberian pupuk kandang perlakuan 150% N (P3) memiliki serapan P tertinggi dibandingkan dengan perlakuan pupuk kandang yang lain. Hal ini berarti bahwa diperlukannya dosis pupuk kandang yang lebih tinggi untuk ketersediaan hara bagi tanaman jagung dibandingkan dengan pemberian limbah biogas. Rendahnya serapan P perlakuan 50% N dalam pupuk kandang (P1) disebabkan rendahnya ketersediaan P dalam tanah yang dapat digunakan oleh tanaman. Rendahnya ketersediaan P diduga adanya pengikatan P sementara oleh mikroorganisme dalam pembentukan tubuhnya. Buresh *et al.* (1997)

menyatakan bahwa salah satu penyebab kehilangan P dari tanah adalah digunakan oleh mikroba tanah dan diubah menjadi P-organik.

4.4. Korelasi antar Parameter

Hubungan antara pH dengan C-organik berkorelasi positif dan nyata ($r = 0.788$). Hubungan korelasi ini berarti bahwa semakin rendah kemasaman tanah (pH tinggi) maka proses dekomposisi berlangsung optimal yang menghasilkan C-organik yang dapat langsung digunakan mikroorganisme sebagai sumber energi karena pH mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisikan bahan organik. Okoro *et al.* (2005) menyatakan bahwa pH tanah mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah dalam mendekomposisikan bahan organik. Sedangkan C-organik berkorelasi positif dan sangat nyata dengan N total ($r = 0.88$); N tersedia ($r = 0.75$); P tersedia ($r = 0.88$). Hal ini diduga karbon telah digunakan mikroorganisme sebagai sumber energi sehingga proses dekomposisi berlangsung yang menyebabkan N total, N tersedia dan P tersedia dalam tanah meningkat. Menurut Sajarwan (1998), C-organik merupakan sumber energi bagi mikroba tanah dalam mendekomposisikan bahan organik yang menghasilkan unsur hara yang tersedia dalam tanah.

Hubungan antara N tersedia dengan serapan N tanaman berkorelasi positif dan nyata ($r = 0.69$) sedangkan serapan N tanaman berkorelasi positif dan nyata dengan tinggi tanaman ($r = 0.71$); jumlah daun ($r = 0.86$); bobot kering tanaman (untuk akar $r = 0.76$; untuk tajuk $r = 0.75$) dan serapan P. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi N tersedia dalam tanah akan diikuti peningkatan serapan N optimum tanaman jagung sehingga pertumbuhan tanaman akan semakin meningkat. Suryantini (2005) menyatakan tersedianya N bagi tanaman dalam tanah akan menyebabkan peningkatan serapan N optimum tanaman akibatnya meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun dan pada akhirnya meningkatkan biomassa tanaman. Terjadinya peningkatan serapan N optimum tanaman akan selalu diikuti peningkatan serapan P tanaman.

Hubungan antara P tersedia dengan serapan P tanaman berkorelasi positif dan nyata ($r = 0.70$) sedangkan serapan P berkorelasi positif dan nyata dengan tinggi tanaman ($r = 0.73$); jumlah daun ($r = 0.96$); bobot kering tanaman ($r = 0.91$); dan

serapan N tanaman ($r = 0.80$). Hal ini berarti bahwa semakin tinggi P tersedia dalam tanah akan diikuti dengan peningkatan serapan P dan N optimum tanaman jagung sehingga pertumbuhan tanaman akan semakin meningkat. Policity (2007) menyatakan bahwa peningkatan serapan P optimum dipengaruhi oleh besarnya ketersediaan P pada tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan serapan P tanaman akan diikuti oleh peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering tanaman. Adanya hubungan tersebut karena fungsi P dalam tanaman adalah untuk proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga apabila P yang diserap tanaman tinggi maka proses pembelahan dan pembesaran sel semakin cepat dan tanaman akan semakin cepat pula tumbuh.

4.5. Pembahasan Umum

Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata pada peningkatan pH, C-organik, N total, N tersedia dan P tersedia. Dari hasil uji Duncan antar kedua bahan organik tersebut tidak berbeda nyata, namun secara umum pemberian limbah biogas lebih mampu memperbaiki sifat kimia tanah dalam hal peningkatan ketersediaan unsur hara (khususnya N dan P). Peningkatan ketersediaan unsur hara (N dan P) oleh pemberian limbah biogas karena kandungan N dan P dalam limbah biogas lebih tinggi sehingga menyebabkan nisbah C/N dan C/P lebih rendah dibandingkan dengan pupuk kandang. Rendahnya nisbah C/N menunjukkan telah terjadi proses mineralisasi sehingga N tersedia dalam tanah (Hanafiah, 2005). Utami *et al.* (2007) menambahkan bahwa nisbah C/P yang rendah menyebabkan bahan organik mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme sehingga mampu mempercepat pelepasan hara (terutama P) yang dibutuhkan tanaman.

Penambahan limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap serapan N dan P serta pertumbuhan tanaman jagung. Dari hasil uji Duncan, antar kedua bahan organik tersebut tidak berbeda nyata, namun secara umum pemberian limbah biogas lebih meningkatkan serapan N dan P serta pertumbuhan tanaman. Lebih tingginya serapan N dan P serta pertumbuhan tanaman melalui pemberian limbah biogas diduga disebabkan karena tingginya ketersediaan hara dalam tanah

yang dapat diserap tanaman. Suryantini (2005) menyatakan tersedianya N dan P bagi tanaman dalam tanah akan menyebabkan peningkatan serapan N dan P optimum sehingga meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun dan pada akhirnya meningkatkan bobot tanaman.

Tingkat serapan N, P dan pertumbuhan tanaman tertinggi pada limbah biogas adalah perlakuan 100% N (14.09 ton/ha) sedangkan pada pupuk kandang adalah perlakuan 150% N (28.58 ton/ha). Jika dilihat dari tingkat serapan dan pertumbuhan tanaman, limbah biogas lebih meningkatkan serapan dan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan pupuk kandang. Selain itu pemberian limbah biogas lebih sedikit kebutuhannya dibandingkan dengan pupuk kandang untuk meningkatkan serapan dan pertumbuhan tanaman.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang nyata meningkatkan ketersediaan N dan P. Peningkatan N dan P tersedia akibat pemberian pupuk organik pada dosis 100% lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk anorganik (urea+SP36).
2. Pengaruh limbah biogas lebih efektif dibandingkan pupuk kandang, meskipun tidak berbeda nyata. Pengamatan 6 MSI menunjukkan peningkatan N tersedia (46 ppm) dan P tersedia (18 ppm) pada perlakuan limbah biogas, lebih tinggi dibandingkan peningkatan N tersedia (42 ppm) dan P tersedia (15 ppm) pada perlakuan pupuk kandang dengan dosis N yang sama (150%).
3. Pemberian limbah biogas dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap serapan N dan P serta pertumbuhan jagung. Terdapat perbedaan nyata antara limbah biogas dan pupuk kandang. Walaupun serapan N dan P pada perlakuan urea dan SP36 lebih tinggi, namun tidak menyebabkan membaiknya pertumbuhan tanaman.
4. Dosis 100% N-limbah biogas (14 ton limbah biogas/ha) memperlihatkan tingkat serapan N, P, serta pertumbuhan tanaman tertinggi. Sebaliknya pada perlakuan pupuk kandang, peningkatan dosis dari 9.6 sampai 28.6 ton/ha masih menunjukkan terjadinya peningkatan serapan N, P, serta pertumbuhan tanaman.
5. Pada tingkat pertumbuhan terbaik, serapan N dan P pada perlakuan limbah biogas (2.83 g/tanaman dan 3.02 g/tanaman) lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan pupuk kandang (1.60 g/tanaman dan 2.86 g/tanaman).

5.2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mengkombinasikan kedua jenis bahan organik (limbah biogas dan pupuk kandang) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap ketersediaan dan serapan unsur hara tanah oleh tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriwulandari, I. 2008. Pengaruh Pemberian Kotoran Sapi dan Pupuk Nitrogen Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Pencucian Nitrat serta Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*) pada Entisol Wajak Malang. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Aribawa, B. 2003. Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Organik dan Pupuk Urea Terhadap Sifat Tanah dan Hasil Kacang Panjang di Lahan Kering Pinggiran Perkotaan Dempasar Bali. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian: Bali.
- Brady, N.C., and Weil, R.R. 2002. The Nature and Properties of Soils, 13th Ed., Person education Inc. New Jersey.
- Buresh, R.L., Smithson, P.C., and Hellums, D.T. 1997. Building Soil Phosphorus Capital in Africa. In R.L.Buresh *et al.* (ed.) Replenishing Soil Fertility in Africa. SSSA Spec. Publ. 51. p. 111-149.
- Cantarella, H., Muraoka, T., Trivelin, P.C., Freitas, J.G., Spolidorio, E.S., and Boaretto, A.E. 2004. Fate of ¹⁵N-Urea Applied to Wheat-Soybean Succession Crop. Campinas Vol. 63: p 265-274.
- Drechsel, P., and Penning, F.W.T. 2001. Land Pressure and Soil Nutrient Depletion in Sub Saharan Africa. Thailand.
- FAO. 1996. Biogas Technology: A Training Manual for Extension. Nepal. p 58-66.
- FAO. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. USA. p 416.
- Gomes, G., and Viniegra, G. 1977. The Use of Anaerobically Digested Cattle Slurry as A Fertilizer for Vegetables. Departamento de Biotecnologia, Universidad Autonoma Metropolitana, Iztapalapa, Mexico, D. F.
- Hairiah, K., Widianto., Utami, S.R., Suprayogo, D., Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M., dan Cadish, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi; Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. SMT Gafika Desa Putra. Jakarta. 187 hal.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. RajaGrafindo Persada. Jakarta. 360 hal.

- Handayanto, E., Hairiah, K., Nuraini, Y., Prasetyo, B., dan Aini, F.K. 2006. Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 181 hal.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta. 233 hal.
- . 2003. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akapres. Jakarta. 274 hal.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton., S.L. Tisdale, and Nelson, W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. 6th edition. Prentice Hall Upper Saddle River, New York.
- Indah, N., dan Syukur, A. 2003. Kajian Pengaruh Pemberian Macam Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe di Inceptisol, Karanganyar. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Vol 6 (2006) p: 142-131.
- Iskandar, D. 2005. Pengaruh Dosis Pupuk N, P dan K Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis di Lahan Kering. *Dalam* Kumpulan Makalah Seminar Teknologi untuk Negeri. Vol 11 p: 1-5.
- Jamilah. 2003. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Kelengasan Terhadap Perubahan Bahan Organik dan Nitrogen Total Entisol. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Makalew, A.D. 2006. Karakteristik Tanah dengan Horison Penimbunan Liat yang Berkembang dari Batuan Sedimen dan Vulkanik. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 140 hal.
- Munir, M. 1996. Tanah-tanah Utama Indonesia; Karakteristik; Klasifikasi dan Pemanfaatannya. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Novizan. 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Agromedia Pustaka. Jakarta. 114 hal.
- Nursyamsi, D., Adiningsih, J.S., Sholeh., dan Abdurahman, A. 1996. Penggunaan Bahan Organik untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk N dan Produktivitas Tanah Ultisol di Sitiung, Sumbar. Jurnal Tanah Tropika II (2): 26-33.
- Okoro, A.P., Peta, B.A., Natalie, H.A., and Klara, S.J. 2005. The Effects of Organic and Conventional Management Practices on Soil Characteristics, in Particular Aerobic Nitrogen Mineralisation. University of Kassel. Germany.
- Ortenblad, H. 2009. The Use of Digested Slurry Within Agriculture. Herning Municipal Utilities. Denmark.
- Poerwidodo, M. 1993. Telaah Kesuburan Tanah. Penerbit Angkasa. Bandung.

- Polity, H. 2007. Pengaruh Kascing dan Limbah Media *Champignon* Terhadap Ketersediaan dan Serapan P bagi Pertumbuhan Jagung pada Tanah Berkapur DAS Brantas Malang Selatan. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Rao, N.S. 2007. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 353 hal.
- Rukmana, R. 1997. Usaha Tani Jagung. Kanisius. Yogyakarta. 80 hal.
- Sandrawati, A., Sofyan, E.T., dan Mulyani, O. 2007. Pengaruh Kompos Sampah Kota dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*) Pada Fluventic Eutrudepts Asal Jatinagor Kabupaten Sumedang. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Semarang.
- Sajarwan, A. 1998. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Terhadap Laju Dekomposisi dan Perubahan Sifat Kimia Tanah Gambut Fibrist. Tesis. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Simanjuntak, B. 2008. Peningkatan Kapasitas Penyanggaan Kalium pada Alfisol Akibat Pemberian Bahan Organik, Nitrogen dan Kalsium. *Agrivita* Vol 30 (3) p: 270-279.
- Sirappa, P. 2002. Penentuan Batas Kritis dan Dosis Pemupukan N untuk Tanaman Jagung di Lahan Kering pada Tanah Typic Usthorhents. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 3 (2) pp 25-37.
- Soedomo, P. 2006. Pengaruh Tiga Macam Pupuk Daun pada Berbagai Konsentrasi Terhadap Hasil Tunas Kacang Kapri (*Pisum sativum L.*). *Jurnal Agrijati* 3 (1) p: 34-41.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to Soil Taxonomy*. 9th Edition. USDA, Natural Resources Service.
- , 1998. *Kunci Taksonomi Tanah*. Edisi kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat., Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Stevenson, F.J., and Cole, M.A. 1999. *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. Jhon Wiley and Sons. Inc. New York. p 429.
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., De Snoo, G.R., and Eden, P. 2001. Ecological Impacts of Arable Intensification in Europe. *J Environ Manage*, 63(4):337-65.

- Suryani, S., dan Tejoyuwono, N. 2006. Pengaruh Sari Kering Limbah Pabrik Kulit Atas Populasi Mikrobia dan Susunannya pada Berbagai Jenis Tanah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, PPLH UGM. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM.
- Suryantini. 2005. Serapan N, P dan K Tanaman Petsai dengan Pemberian Lumpur Laut dan Pupuk Kandang pada Tanah Gambut. *Jurnal Agrosains*. Fakultas Pertanian Universitas Panca Bhakti Pontianak. Vol. 2 no. 1 (P):14-29.
- Sutanto, R. 2002. *Pertanian Organik*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 219 hal.
- Sutedjo, M.M. 2002. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta. 152 hal.
- Syekhfani. 1997. *Hubungan Hara dan Tanaman*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 114 hal.
- Syekhfani. 2004. *Penentuan Dosis Pupuk Organik; Materi Pelatihan Penelitian Sistem Pertanian Organik*. Pusat Studi Pertanian Organik. Pusat Penelitian Lingkungan Pertanian. Fakultas Pertanian Progam Studi Ilmu Tanaman Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Tola, F.H., Dahlan dan Kaharrudin. 2007. Pengaruh Dosis Pupuk Bokasi Kotoran Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Agrisistem*, Vol. 3. No. 1. Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian. Gowa.
- Utami, S.R., Kurniawan, S., Aisyawati, L., dan Sutikto, B.B. 2007. Pendugaan nilai pH_0 dan Kapasitas Tukar Kation Akibat Pemberian Sisa Panen dan Kotoran Ayam pada Andisol Coban Rondo Malang. *Agrivita*. Universitas Brawijaya 29 (1) : 10-17.
- Widiana, G.N. 1994. Peranan EM-4 dalam Meningkatkan Kesuburan dan Produktifitas Tanah. *Buletin Kyusei Nature Farming*. Vol 5.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah (Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah)*. Gava Media. Yogyakarta. 118 hal.
- Yongabi, K.A; Harris, P.L., Lewis, D.M., and Agho, M.O. 2009. Preliminary Study on The Effect of Anaerobically Digested Cow Dung Slurry on The Antimicrobial Activity of Three Medicinal Plan. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 3.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Dosis Penambahan Pupuk Organik

Dik : N total tanah	: 0.1213 %
Kategori status N sedang	: 0.21 – 0.50
Dosis rekomendasi untuk tanaman jagung	: 120-180 kg N/ha (Halliday dan Trenkel dalam Sirappa, 2002)

Penentuan dosis unsur hara yang akan dipenuhi dengan menggunakan rumus:

$$\frac{A2 - B}{A1 - A2} = \frac{U - Xa}{Xa - Xb}$$

(Syekhfani, 2004)

Dimana :

U = Dosis unsur hara yang harus ditambahkan sesuai keadaan kriteria tanah yang diinginkan (kgN/ha)

A1 = kadar teratas kisaran U total kriteria tanah (%)

A2 = kadar terbawah kisaran U total kriteria tanah (%)

B = kadar U total tanah hasil pengamatan kadar kimia (%)

Xa = Nilai teratas dosis kebutuhan U tanaman per hektar (kg/ha)

Xb = Nilai terbawah dosis kebutuhan U tanaman per hektar (kg/ha)

Perhitungan dengan data :

$$\frac{0.21 - 0.1213}{0.5 - 0.21} = \frac{U - 180 \text{ kgN/ha}}{180 - 120 \text{ kgN/ha}}$$

$$\frac{0.0887}{0.29} = \frac{U - 180 \text{ kgN/ha}}{60 \text{ kgN/ha}}$$

$$18.3517 = U - 180 \text{ kgN/ha}$$

$$U = 198.3517 \text{ kgN/ha}$$

Lampiran 2. Perhitungan Penambahan Bahan Organik per Satuan Luas dan Per Polibag

a) Perhitungan Hektar Lapisan Olah (HLO)

Kedalaman tanah yang diambil : 20 cm
 BI Alfisol : 1.08 g/cm³

$$1 \text{ Ha} = 10^4 \text{ m}^2 = 10^8 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 HLO} &= \text{luasan hektar} \times \text{kedalaman olah} \times \text{BI tanah} \\ &= 10^8 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1.08 \text{ g/cm}^3 \\ &= 21.6 \times 10^8 \text{ g} \\ &= 2.16 \times 10^6 \text{ kg} \\ &= 2160 \text{ ton} \end{aligned}$$

b) Perhitungan Dosis Pupuk Kandang

$$\text{Dosis pupuk kandang/polibag} = (\text{Bobot tanah/HLO}) \times \text{kebutuhan pupuk}$$

Untuk jumlah N bahan organik yang diberikan setara dengan 198.62 kgN/ha

Kadar N total dalam pupuk kandang sapi : 1.0425 %

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } 198.62 \text{ kg N/ha dalam pupuk kandang} &= 100/1.0425 \times 198.352 \text{ kg/ha} \\ &= 19026.57 \text{ kg/ha} \\ &= 19 \text{ ton/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis per polibag} &= (5 \text{ kg}/2160 \text{ ton}) \times 19 \text{ ton/ha} \\ &= 0.044 \text{ kg/ha} \\ &= 44 \text{ g/polibag} \end{aligned}$$

c) Perhitungan Dosis Limbah Biogas

$$\text{Dosis pupuk kandang/polibag} = (\text{Bobot tanah/HLO}) \times \text{kebutuhan pupuk}$$

Kadar N total dalam limbah biogas : 1.4098 %

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } 198.62 \text{ kgN/ha dalam limbah biogas} &= 100/1.4098 \times 198.352 \text{ kg/ha} \\ &= 14069.51 \text{ kg/ha} \\ &= 14 \text{ ton/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis limbah biogas per polibag} &= (5 \text{ kg}/2160 \text{ ton}) \times 14 \text{ ton/ha} \\ &= 0.0324 \text{ kg/ha} \\ &= 32.407 \text{ g/polibag} \end{aligned}$$

Perhitungan Dosis Perlakuan

- Pupuk kandang sapi
 - 50 % N dalam pupuk kandang = $50/100 \times 44 \text{ g/polibag}$
= 22 g/polibag
 - 100 % N dalam pupuk kandang = 44 g/polibag
 - 150 % N dalam pupuk kandang = $150/100 \times 44 \text{ g/polibag}$
= 66 g/polibag
- Limbah biogas
 - 50 % N dalam limbah biogas = $50/100 \times 32.407 \text{ g/polibag}$
= 16.2035 g/polibag
 - 100 % N dalam limbah biogas = 32.407 g/polibag
 - 150 % N dalam limbah biogas = $150/100 \times 32.407 \text{ g/polibag}$
= 48.610 g/polibag

Lampiran 3. Perhitungan Dosis Pupuk Anorganik

$$\text{Dosis Urea/ha} = (100/46) \times 198.352 \text{ kgN/ha}$$

$$= 431.2 \text{ kg/ha}$$

$$= 0.4312 \text{ ton/ha}$$

$$\text{Dosis Urea/polibag} = (5 \text{ kg}/2160 \text{ ton}) \times 0.4312 \text{ ton/ha}$$

$$= 9.9815 \times 10^{-4} \text{ kg/ha}$$

$$= 0.9982 \text{ g/polibag}$$

$$\text{Dosis SP-36} = 100 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Dosis SP-36/ha} = (100/36) \times (142/62) \times 100 \text{ kg/ha}$$

$$= 636.7079 \text{ kg/ha}$$

$$= 0.637 \text{ ton/ha}$$

$$\text{Dosis SP-36/polibag} = (5 \text{ kg}/2160 \text{ ton}) \times 0.637 \text{ ton/ha}$$

$$= 1.4745 \times 10^{-3} \text{ kg/ha}$$

$$= 1.4745 \text{ g/polibag}$$

$$\text{Dosis KCl} = 50 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Dosis KCl/ha} = (100/50) \times (94/78) \times 50 \text{ kg/ha}$$

$$= 120.5128 \text{ kg/ha}$$

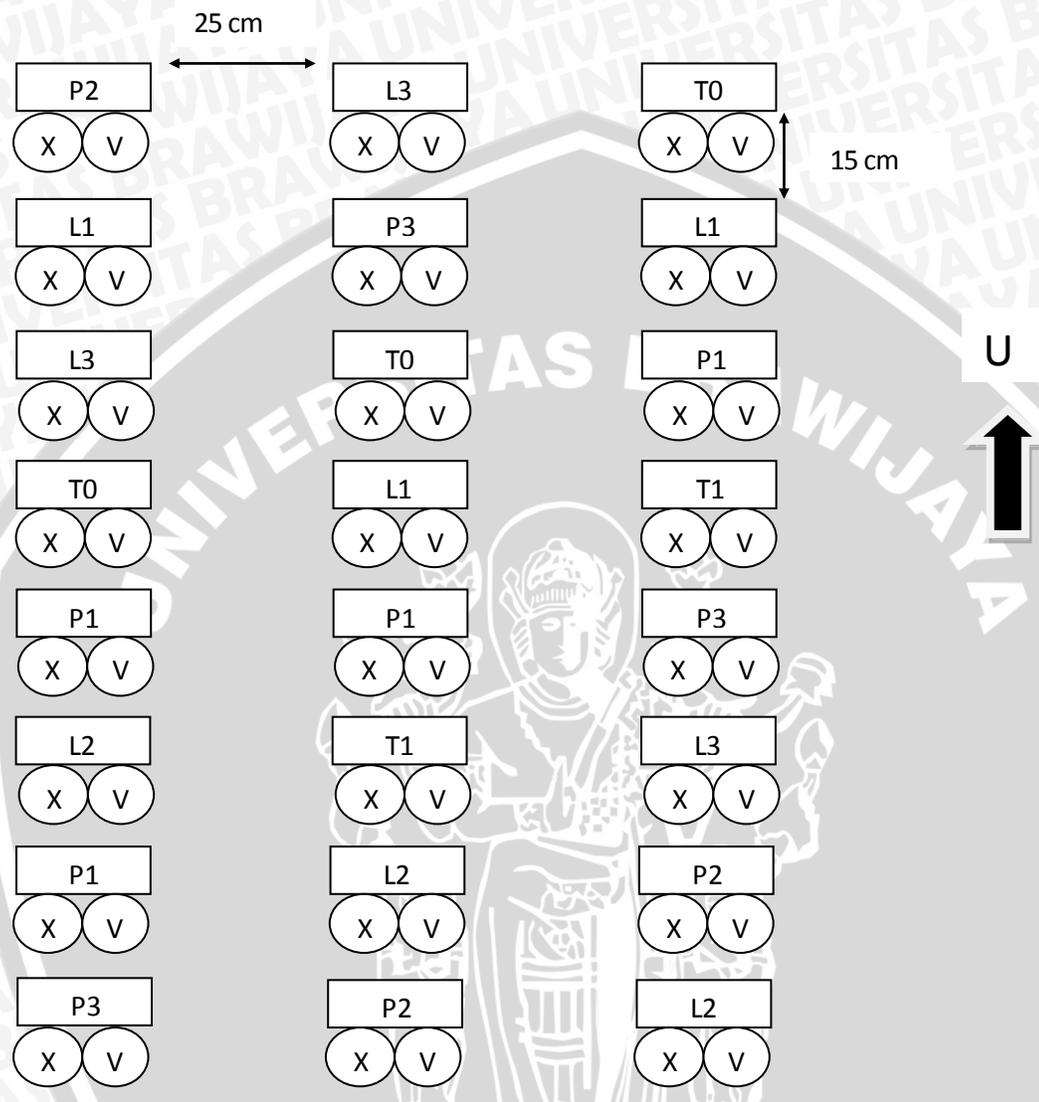
$$= 0.121 \text{ ton/ha}$$

$$\text{Dosis KCl/polibag} = (5 \text{ kg}/2160 \text{ ton}) \times 0.121 \text{ ton/ha}$$

$$= 2.8009 \times 10^{-4} \text{ kg/ha}$$

$$= 0.2801 \text{ g/polibag}$$

Lampiran 4. Denah Percobaan di Rumah Kaca



Ket:

X = Percobaan Inkubasi

V = Percobaan dengan Tanaman

Lampiran 5. Kebutuhan Air per 5 kg Tanah

KODE	BB+K (g)	BO+K (g)	K (k)	BB (g)	BO (g)
KAKU	14.43	13.04	4.54	9.89	8.5
KAKL	286.04	215.61	19.23	266.81	196.36

$$KAKU = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\% = \frac{9.89 - 8.5}{8.5} \times 100\% = 16.353 \%$$

$$KAKL = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\% = \frac{266.81 - 196.36}{196.36} \times 100\% = 35.878 \%$$

Tanah setara 5 kg:

$$KAKU = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\%$$

$$16.353 \% = \frac{BKU - 5 \text{ kg}}{5 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$81.765 \text{ kg} = 100 \text{ BKU} - 500 \text{ kg}$$

$$581.765 \text{ kg} = 100 \text{ BKU}$$

$$\text{BKU} = 5.818 \text{ kg}$$

$$KAKL = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\%$$

$$35.878 \% = \frac{BKU - 5 \text{ kg}}{5 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$179.39 \text{ kg} = 100 \text{ BKL} - 500 \text{ kg}$$

$$179.39 \text{ kg} = 100 \text{ BKL}$$

$$\text{BKL} = 6.794 \text{ kg}$$

Jumlah air yang diberikan = BKL - BKU

$$= 6.794 \text{ kg} - 5.818 \text{ kg}$$

$$= 0.9759 \text{ kg (karena massa jenis air} = 1 \text{ g/cm}^3)$$

$$= 0.9759 \text{ Liter/polibag}$$



Lampiran 6. Hasil Analisis Dasar Tanah dan Bahan Organik**ANALISIS DASAR TANAH**

No	Macam analisis dasar	Analisis dasar	Kategori
1	N Total (%)	0.12	rendah
2	N Tersedia (ppm)	42.66	
3	P Total (ppm)	100.10	
4	P Tersedia (ppm)	7.06	sangat rendah
5	C-organik (%)	0.21	sangat rendah
6	K Total (%)	3.23	sangat rendah
7	K-dd (cmol/kg)	0.35	sedang
8	Na-dd (cmol/kg)	0.65	sedang
9	Ca (cmol/kg)	2.53	rendah
10	Mg (cmol/kg)	1.22	sedang
11	KTK (cmol/kg)	25.02	tinggi
12	pH H ₂ O 1:1	5.36	
13	Berat Isi (g/cm ³)	1.09	
14	Kelas Tekstur:		
	Pasir (%)	36.40	Lempung Berliat
	Debu (%)	24.46	
	Liat (%)	39.14	

ANALISIS DASAR BAHAN ORGANIK

No	Macam Analisis Dasar	Limbah Biogas	Pupuk Kandang
1	N Total (%)	1.41	1.04
2	P tersedia (ppm)	0.37	0.26
3	C-organik (%)	7.62	12.74
4	K Total (%)	0.80	0.40
5	pH H ₂ O 1:1	7.10	6.78
6	C/N	5.41	12.22
7	C/P	8.96	21.23

Lampiran 7. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap pH (H₂O) Tanah

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	F hit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	0.25125	0.03589	4.61115 *	2.76420
	Galat	16	0.10897	0.00778		
	Total	23	0.39825			
4 MSI	Perlakuan	7	0.57727	0.08247	6.40717 *	2.76420
	Galat	16	0.18019	0.01287		
	Total	23	0.80922			
6 MSI	Perlakuan	7	0.61447	0.08778	7.98040 *	2.76420
	Galat	16	0.15399	0.01100		
	Total	23	0.77372			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 8. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap C-Organik Tanah

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	F hit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	0.53643	0.07663	27.60999 *	2.76420
	Galat	16	0.03886	0.00278		
	Total	23	0.57832			
4 MSI	Perlakuan	7	0.60366	0.08624	123.04854 *	2.76420
	Galat	16	0.00981	0.00070		
	Total	23	0.62858			
6 MSI	Perlakuan	7	0.14755	0.02108	19.94572 *	2.76420
	Galat	16	0.01480	0.00106		
	Total	23	0.16383			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 9. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap N Total Tanah

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	0.08329	0.01190	56.72476 *	2.76420
	Galat	16	0.00294	0.00021		
	Total	23	0.08674			
4 MSI	Perlakuan	7	0.04452	0.00636	8.23503 *	2.76420
	Galat	16	0.01081	0.00077		
	Total	23	0.05969			
6 MSI	Perlakuan	7	0.01368	0.00195	12.64233 *	2.76420
	Galat	16	0.00216	0.00015		
	Total	23	0.01612			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 10. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap N Tersedia Tanah

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	F hit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	1216.92059	173.84580	3.11342 *	2.76420
	Galat	16	781.72529	55.83752		
	Total	23	2119.95956			
4 MSI	Perlakuan	7	2096.55485	299.50784	16.88151 *	2.76420
	Galat	16	248.38477	17.74177		
	Total	23	2460.87974			
6 MSI	Perlakuan	7	5673.73935	810.53419	2.77214 *	2.76420
	Galat	16	4093.40123	292.38580		
	Total	23	10507.48842			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 11. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap P Tersedia Tanah

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	492.16670	70.30953	6.90604 *	2.76420
	Galat	16	142.53222	10.18087		
	Total	23	662.72757			
4 MSI	Perlakuan	7	673.14911	96.16416	78.87552 *	2.76420
	Galat	16	17.06864	1.21919		
	Total	23	691.69468			
6 MSI	Perlakuan	7	596.87374	85.26768	144.10198 *	2.76420
	Galat	16	8.28405	0.59172		
	Total	23	605.24729			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 12. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap Tinggi Tanaman Jagung

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	70.05776	10.00825	1.32098 tn	2.76420
	Galat	16	106.06928	7.57638		
	Total	23	181.10570			
4 MSI	Perlakuan	7	1033.38793	147.62685	0.68156 tn	2.76420
	Galat	16	3032.40586	216.60042		
	Total	23	4419.04320			
6 MSI	Perlakuan	7	1160.78593	165.82656	5.91408 *	2.76420
	Galat	16	392.54986	28.03928		
	Total	23	1733.59786			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 13. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap Jumlah Daun Tanaman Jagung

Waktu Pengamatan	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
2 MSI	Perlakuan	7	2.95833	0.42262	1.61364 tn	2.76420
	Galat	16	3.66667	0.26190		
	Total	23	6.95833			
4 MSI	Perlakuan	7	7.95833	1.13690	4.65854 *	2.76420
	Galat	16	3.41667	0.24405		
	Total	23	11.95833			
6 MSI	Perlakuan	7	13.33333	1.90476	4.70588 *	2.76420
	Galat	16	5.66667	0.40476		
	Total	23	19.33333			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 14. Hasil Analisis Sidik Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap bobot kering Tanaman Jagung

	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
Tajuk	Perlakuan	7	419.10942	59.87277	16.44655 *	2.76420
	Galat	14	50.96625	3.64045		
	Total	23	487.27593			
Akar	Perlakuan	7	4.98065	0.71152	23.66105 *	2.76420
	Galat	14	0.42100	0.03007		
	Total	23	5.58668			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 15. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap nisbah bobot kering tajuk/akar Tanaman Jagung

	SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
Perlakuan		7	50.15466	7.16495	8.14825 *	2.76420
Galat		14	12.31053	0.87932		
Total		23	63.85911			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah; MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 16. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap Serapan N Tanaman Jagung

SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
Perlakuan	7	8.94476	1.27782	15.12923 *	2.76420
Galat	14	1.18245	0.08446		
Total	23	10.37329			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah;MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 17. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Pemberian Limbah Biogas dan Pupuk Kandang Terhadap Serapan P Tanaman Jagung

SK	db	JK	KT	Fhit	F tabel 5%
Perlakuan	7	26.19052	3.74150	4.28686 *	2.76420
Galat	14	12.21896	0.87278		
Total	23	44.25851			

Keterangan : * : Beda Nyata; tn: Tidak Beda Nyata SK : Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kwadrat; db: Derajat Bebas; KT : Kwadrat Tengah;MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Lampiran 18. Uji Duncan dan % Peningkatan (Relatif) Biomassa dan Nisbah Tajuk/akar Tanaman Jagung pada 6 MST

Kode	B. Kering Tajuk (g)		Relatif	B. Kering Akar (g)		Relatif	Nisbah tajuk/akar		Relatif
T0	4.97	a	0	1.58	a	0	3.16	a	0
T1	11.22	cd	6.24	2.67	cd	1.09	4.30	ab	1.14
L1	12.66	d	7.69	2.89	d	1.31	4.38	ab	1.22
L2	13.31	d	8.34	2.90	d	1.32	4.59	b	1.43
L3	11.28	cd	6.31	2.56	c	0.98	4.40	ab	1.25
P1	8.25	b	3.28	1.95	b	0.37	4.22	ab	1.06
P2	9.11	bc	4.14	2.06	b	0.48	4.30	ab	1.14
P3	12.05	d	7.07	2.71	cd	1.13	4.46	ab	1.30

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji duncan taraf 5%. Relatif (%): perlakuan - kontrol

Lampiran 19. Uji Duncan dan % Peningkatan (Relatif) Serapan N dan P Tanaman pada 6 MST

Kode	Serapan N (g/tanaman)			Serapan P (g/tanaman)		
		Relatif			Relatif	
T0	0.60	a	0	0.60	a	0
T1	3.07	d	2.53	2.22	bc	2.37
L1	1.69	bc	1.10	2.47	b	1.86
L2	2.85	d	2.30	3.02	c	2.37
L3	2.10	c	1.52	2.61	b	2.00
P1	1.33	b	0.78	0.82	a	0.31
P2	1.42	b	0.85	2.13	b	1.42
P3	1.60	b	1.01	2.86	bc	2.21

Keterangan: Lihat Lampiran 18



Lampiran 21. Korelasi antar Parameter

	pH	C-organik	N Total	N Tersedia	P Tersedia	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun	BK Akar	BK Tajuk	Nisbah Tajuk/akar	Serapan N	Serapan P
pH	1											
C-organik	0.79 (*)	1										
N Total	0.61	0.88 (**)	1									
N Tersedia	0.37	0.75 (*)	0.88 (**)	1								
P Tersedia	0.66	0.88 (**)	0.85 (**)	0.88 (**)	1							
Tinggi Tanaman	0.42	0.59	0.59	0.79 (*)	0.87 (**)	1						
Jumlah Daun	0.13	0.31	0.58	0.70 (*)	0.54	0.67	1					
BK Akar	0.37	0.48	0.60	0.63	0.62	0.74 (*)	0.92 (**)	1				
BK Tajuk	0.48	0.58	0.66	0.70 (*)	0.73 (*)	0.82 (*)	0.89 (**)	0.98 (**)	1			
Nisbah Tajuk/Akar	0.57	0.71	0.67	0.81 (*)	0.89 (**)	0.96 (**)	0.70 (*)	0.81 (*)	0.90 (**)	1		
Serapan N	0.02	0.23	0.52	0.69 (*)	0.48	0.71 (*)	0.86 (**)	0.76 (*)	0.75 (*)	0.68	1	
Serapan P	0.26	0.55	0.75 (*)	0.84 (**)	0.70 (*)	0.73 (*)	0.96 (**)	0.91 (**)	0.91 (**)	0.78 (*)	0.80 (*)	1

* Correlation is significant at the 0.05 level

** Correlation is significant at the 0.01 level

Lampiran 22. Pertumbuhan Tanaman Jagung dalam Percobaan Rumah Kaca pada Berbagai Masa Setelah Tanam (MST)

A. Pengamatan 2 MST



B. Pengamatan 4 MST



C. Pengamatan 6 MST

