

**PERBAIKAN BIOPORI OLEH CACING TANAH
(*Pontoscolex corethrurus*). APAKAH PERBAIKAN POROSITAS
TANAH AKAN MENINGKATKAN PENCUCIAN NITROGEN ?**

Oleh

FARAH AMIRAT

0610432002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



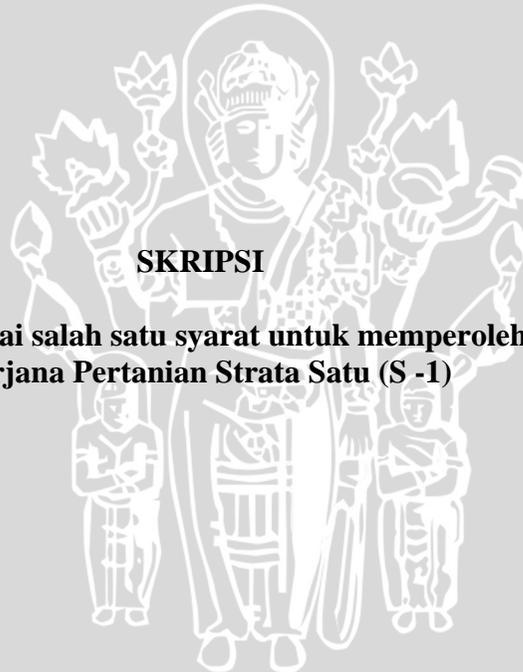
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

**PERBAIKAN BIOPORI OLEH CACING TANAH (*Pontoscolex corethrurus*).
APAKAH PERBAIKAN POROSITAS TANAH AKAN MENINGKATKAN
PENCUCIAN NITROGEN ?**

Oleh

FARAH AMIRAT
0610432002-43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

RINGKASAN

FARAH AMIRAT. 0610432002-43. PERBAIKAN BIOPORI OLEH CACING TANAH (*Pontoscolex corethrus*). APAKAH PERBAIKAN POROSITAS TANAH AKAN MENINGKATKAN PENCUCIAN NITROGEN ? Di bimbing oleh: (1). Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D. sebagai Pembimbing Utama (2). Syahrul Kurniawan, SP, MP. sebagai Pembimbing Pendamping

Penambahan pupuk organik ke dalam tanah meningkatkan populasi dan aktivitas cacing, baik cacing kelompok dekomposer maupun cacing penggali tanah (*ecosystem engineer*). Aktivitas cacing tanah dari kelompok *ecosystem engineer* meninggalkan banyak liang dalam tanah sehingga meningkatkan porositas dan laju infiltrasi di dalam tanah. Pada lahan pertanian, peningkatan infiltrasi diduga dapat meningkatkan pencucian unsur hara *mobile* nitrogen (N), sehingga mengurangi efisiensi penggunaan pupuk. Namun demikian informasi hasil penelitian yang mendukung hipotesis tersebut masih sangat terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pencucian N pada berbagai kondisi biopori yang terbentuk oleh aktivitas cacing tanah. Hipotesis penelitian ini adalah (1) Porositas tanah yang meningkat diikuti oleh peningkatan perkolasi dan jumlah nitrat yang hilang tercuci, (2) Porositas tanah meningkat dengan meningkatnya biomasa cacing tanah.

Untuk membuktikan hipotesis, berbagai tingkat porositas tanah dan konsentrasi NO_3^- pada kondisi terkontrol diperoleh dengan jalan menambahkan campuran pangkasan kopi, *Gliricidia* dan durian, pupuk N-urea dan cacing penggali tanah *Pontoscolex corethrus* ke dalam tanah. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2009, menggunakan sangkar cacing (*planar cage*) di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, 4 kali ulangan yaitu: (1) KO : Kontrol 1 (tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik); (2) KCC : Kontrol 2 (+ cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik); (3) UREA: + Cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; (4) KGD : + Cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik; (5) KGDU: + Cacing, + N-anorganik, + N-organik. Kondisi biopori ditetapkan dengan mengukur panjang liang yang terbentuk oleh aktivitas cacing tanah, pada minggu ke 1, 2, 4, 6 dan 8. Pengukuran pertumbuhan cacing tanah dilakukan dengan mengukur panjang, diameter, biomasa cacing dan produksi kascing pada akhir percobaan (8 MSP = minggu setelah percobaan). Analisis kandungan nitrat dalam larutan hasil pencucian dilakukan pada minggu ke 2, 4, 6 dan 8 setelah perlakuan.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini panjang liang vertikal yang dihasilkan karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik lebih besar (83 %) daripada panjang liang vertikal yang dihasilkan karena pengaruh perlakuan pupuk N-organik dan kombinasinya dengan N-anorganik. Peningkatan panjang liang vertikal tidak diikuti dengan peningkatan volume air perkolasi yang tertampung. Porositas berhubungan dengan konsentrasi NO_3^- yang tercuci ($R^2 = 0.36$). Besarnya pencucian tidak hanya ditentukan oleh porositas tetapi ada faktor lain yang berpengaruh seperti ketersediaan NO_3^- (dipengaruhi oleh sumber masukan N di dalam tanah), aktivitas mikroorganisme, dan bahan organik tanah. Penambahan pupuk N-anorganik dalam tanah menyebabkan pencucian paling tinggi (42 %) daripada kombinasinya dengan pupuk N-organik dan pupuk N-organik saja

(dengan konsentrasi NO_3^- 181 mg L^{-1}). Peningkatan porositas (volume total pori) tidak berhubungan dengan biomasa cacing tanah.



SUMMARY

Farah amirat. 0610432002-43. The improvement of biopores by earthworm (*Pontoscolex corethrurus*). Could the improvement of soil porosity increase nitrate leaching? Supervisors: (1) Prof. Ir. Kurniatun Hairiah Ph.D (2) Syahrul Kurniawan, SP, MP.

The addition of organic fertilizer into soil increased earthworm growth and its activity and, not only for decomposer group but also for soil digger group (ecosystem engineer). *Pontoscolex corethrurus* is one of ecosystem engineer group create many channel in soil, so that increased soil porosity and infiltration in soil. In agricultural landuse system, increasing of infiltration could increased nitrogen mobile leaching, so that it was decreased efficiency of fertilizer application. However, information about result of research which support the hypothesis was very limited. The objective of this research were to study on N leaching in various biopores condition which formed by earthworm's activity. Hypothesis of this research were : (1) increasing of soil porosity was followed by increasing percolation and total nitrate leaching, (2) increasing of soil porosity was followed by increasing earthworm's biomass.

To prove hypothesis, various level of soil porosity and nitrate concentration at controlled condition was obtained from application of mixture of 3 types of litter (coffee, *Gliricidia* and durian), N-urea fertilizer and soil digger earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) into soil. Research was conducted in Februari - April 2009, in planar cage in Soil Biology laboratory, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. The treatments were arranged according to complete random design with 5 treatments, were : (1) KO : Control 1 (without worm, N-Organik and N-Anorganik); (2) KCC : Control 2 (added earthworm, without N-Organik and N-Anorganik); (3) UREA : (added earthworm + N-Anorganik, without N-Organik); (4) KGD : (added earthworm and N-Organik, without N-Anorganik); (5) KGDU : (added earthworm + N-Anorganik + N-Organik). Each treatment was repeated four times. The biopores formed by earthworm was measured from the length of soil channel at 1st, 2nd, 4th, 6th and 8th weeks after treatments (WAP). Measurement on earthworm's growth was conducted with measuring earthworm's length, diameter, biomass and casting by the end of treatment (8 WAP). Analysis of nitrate in leachete was done at 2nd, 4th, 6th and 8th WAP.

Result of this research shown that application of N-anorganic only lead to more active earthworm rather (83 %) than application of N-organic resulting longer vertical channel formed by earthworm. However, the increasing the length of vertical channel, did not followed by increasing of water percolation. Porosity was related to nitrat leached concentration ($R^2 = 0.36$). Total of leaching not only influence by porosity but also influence by another factor like NO_3^- -available (influence by N source input), microorganisms activity and soil organic matter. Application of N-anorganic increased concentration of leached NO_3^- (42 %) than application of N-organic (181 mg L⁻¹ concentration of leached NO_3^-). No significant ($p>0.05$) correlation between soil porosity and earthworm's biomass was found.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT dan shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW dan sahabatnya sekalian serta para pengikutnya. Syukur Allhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuknya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul perbaikan biopori oleh cacing tanah (*Pontoscolex corethrurus*). Apakah perbaikan porositas tanah akan meningkatkan pencucian nitrogen ? Tulisan ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Sarjana, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan selama penyelesaian skripsi ini yang ditujukan kepada :

1. Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D dan Syahrul Kurniawan, SP. MP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan pada penulis dalam penyelesaian skripsi.
2. Ir. Widiyanto, MSc yang telah memberikan masukan dan saran pada penulis dalam penyelesaian skripsi.
3. Fitri Khusyu A, SP. MP dan Nina Dwi Lestari, SP yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Pak Kasran dan Pak Sarkam yang telah memberikan bantuan dan arahan pada penulis dalam proses penelitian di Laboratorium Lingkungan.
5. Ayah dan mami tercinta yang selama ini telah memberi banyak perhatian, kasih sayang, dukungan moril dan materiil, serta atas doanya.
6. Semua pihak yang telah membantu.

Semoga bantuan yang diberikan diterima sebagai amal baik disisi Allah SWT. Amin. Penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangannya. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkannya.

Malang, November 2009

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Raha, Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Tenggara pada tanggal 22 September 1986. Penulis merupakan putri ke empat dari pasangan bapak Idris Bolopari dan Ibu Aulia Koedoes.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri II Raha pada tahun 1997. Pada tahun 2000 penulis melanjutkan pendidikan ke SLTP Negeri I Raha. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMU Negeri I Raha dan selesai pada tahun 2003.

Pada tahun 2003 penulis diterima di program Diploma III Institut Pertanian Bogor Program Studi Inventarisasi dan Pengelolaan Sumber Daya Lahan Departemen Tanah, Fakultas Pertanian melalui jalur USMI (undangan seleksi masuk IPB).

Pada tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan Program Sarjana di Universitas Brawijaya Program Studi Ilmu Tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian melalui Jalur SAP (Seleksi Alih Program).

Pada kegiatan ekstrakurikuler, penulis pernah aktif sebagai pengurus di Himpunan Profesi Mahasiswa Departemen Tanah yaitu Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT).



DAFTAR ISI

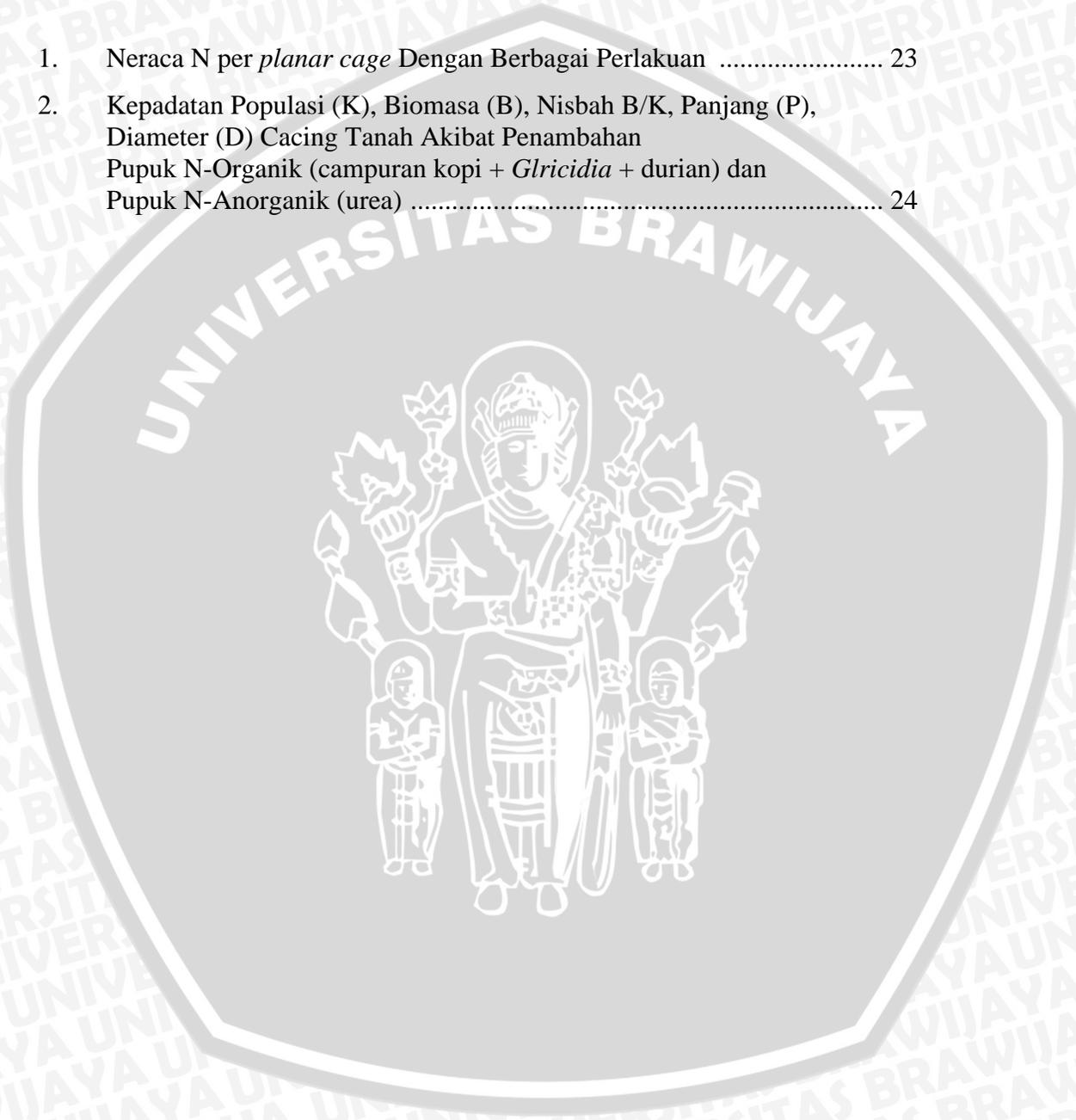
RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Hipotesis.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Peran Cacing Tanah Terhadap Perbaikan Biopori dan Pencucian Nitrogen.....	4
2.2. Pencucian Nitrogen Pupuk N-Anorganik.....	5
2.3. Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen Bahan Organik.....	6
2.4. Tanah-Tanah yang Bermasalah Pada Pencucian Nitrogen	7
2.5. Permasalahan Pencucian Nitrogen di Tanah Andisol	8
2.6. Upaya Untuk Mengurangi Pencucian Nitrogen	8
III. BAHAN DAN METODE	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	10
3.2. Bahan dan Alat Percobaan	10
3.2.1. Bahan Percobaan	10
3.2.2. Alat Percobaan	11
3.3. Metode Penelitian.....	12
3.4. Pelaksanaan Percobaan	12
3.4.1. Persiapan Bahan	12
3.4.2. Analisa Dasar	13
3.4.3. Inkubasi	13
3.4.4. Pengamatan	14
3.5. Analisa Statistik	14

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil	15
4.1.1. Pengaruh Cacing Tanah <i>Pontoscolex corethrurus</i> Terhadap Terbentuknya Pori Makro Tanah	15
4.1.2. Pengaruh Cacing Tanah <i>Pontoscolex corethrurus</i> Terhadap Perkolasi Tanah.....	17
4.1.3. Pengaruh Cacing Tanah <i>Pontoscolex corethrurus</i> Terhadap Pencucian NO ₃ ⁻	19
4.1.4. Hubungan Porositas Tanah Dengan Perkolasi dan Pencucian NO ₃ ⁻	21
4.1.5. Neraca N di dalam Tanah.....	22
4.1.6. Pengaruh Pemberian Pupuk N-Organik dan N-Anorganik Terhadap Pertumbuhan Cacing Tanah	24
4.1.6.a. Kepadatan Populasi Cacing Tanah.....	24
4.1.6.b. Biomasa Tubuh Cacing Tanah	24
4.1.6.c. Nisbah B/K Cacing Tanah.....	25
4.1.6.d. Panjang Cacing Tanah.....	25
4.1.6.e. Diameter Cacing Tanah.....	26
4.1.7. Pengaruh Pemberian Pupuk N-Organik dan N-Anorganik Terhadap Produksi Kascing	27
4.1.8. Hubungan Cacing Tanah Dengan Porositas Tanah.....	28
4.2. Pembahasan Umum.....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	31
5.2. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Neraca N per <i>planar cage</i> Dengan Berbagai Perlakuan	23
2.	Kepadatan Populasi (K), Biomasa (B), Nisbah B/K, Panjang (P), Diameter (D) Cacing Tanah Akibat Penambahan Pupuk N-Organik (campuran kopi + <i>Gliricidia</i> + durian) dan Pupuk N-Anorganik (urea)	24



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Skema Alur Latar Belakang Penelitian	3
2.	Media <i>Planar cage</i> Berisikan Tanah dan Seresah	11
3.	Nisbah Panjang Liang Vertikal : Jumlah Cacing Dengan Berbagai Perlakuan Pada Berbagai Waktu Pengamatan.....	16
4.	Volume Air Perkolasi yang Tertampung Pada Berbagai Perlakuan Pada Berbagai Waktu Pengamatan	18
5.	Volume Air Perkolasi Kumulatif yang Tertampung Pada Berbagai Perlakuan Pada Berbagai Waktu Pengamatan	18
6.	Rata-Rata Konsentrasi Pencucian NO_3^- Dengan Berbagai Perlakuan Pada Berbagai Waktu Pengamatan.....	20
7.	Rata-Rata Total NO_3^- yang Tercuci Dengan Berbagai Perlakuan Pada Berbagai Waktu Pengamatan.....	20
8.	Hubungan Panjang Liang Vertikal Kumulatif Terhadap Volume Air Perkolasi yang Tertampung (a) Konsentrasi Pencucian NO_3^- (b).....	22
9.	Diameter Tubuh Cacing Tanah 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	26
10.	Nisbah Produksi Kascing di Permukaan Tanah : Populasi Cacing Dengan Berbagai Perlakuan Selama..... 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP).....	28
11.	Hubungan Biomasa Cacing Tanah dengan Volume Total Pori.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kebutuhan Tanah, Seresah dan Urea per <i>Planar cage</i>	36
2.	Jumlah N yang ada Dalam Tanah dan yang di tambahkan Dari Pemberian Seresah dan Urea.....	38
3.	Total N yang Tercuci (g) Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	39
4.	Gambar Cara Kerja Percobaan.....	40
5.	Gambar Penciri Tubuh <i>Pontoscolex corethrurus</i> dan Pori Makro yang dihasilkan Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	42
6.	Hasil Analisis Dasar Tanah Andisol.....	44
7.	Hasil Analisis Kualitas Campuran Seresah Kopi + <i>Gliricidia</i> + Durian.....	46
8.	Porositas yang dibentuk Cacing Tanah Selama Masa Percobaan	47
9.	Rata-Rata Volume Air Tertampung Selama Masa Percobaan	51
10.	Rata-Rata Konsentrasi Pencucian Nitrat Selama Masa Percobaan	52
11.	Rata-Rata Pertumbuhan Cacing Tanah 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	53
12.	Rata-Rata Produksi Kascing Selama 8..... Minggu Setelah Percobaan (MSP)	56
13.	Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Porositas yang dibentuk Oleh Cacing Tanah Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	57
14.	Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Volume Air Tertampung Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	58
15.	Hasil Analisis Sidik Ragam Pencucian Nitrat..... Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	59
16.	Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Pertumbuhan Cacing Tanah 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP) ...	60
17.	Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Produksi Kascing Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)	61
18.	Porositas Tanah yang dibentuk Oleh Cacing Tanah	

Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP).....62

19. Volume Air Tertampung Selama
8 Minggu Setelah Percobaan (MSP) 63

20. Pencucian Nitrat Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)..... 64

21. Nilai Koefisien (r) Antar Pengamatan..... 65



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penambahan pupuk organik ke dalam tanah meningkatkan populasi dan aktivitas cacing baik cacing kelompok dekomposer maupun cacing penggali tanah (*ecosystem engineer*). Cacing tanah dari kelompok *ecosystem engineer* beraktivitas dalam tanah baik secara vertikal maupun horizontal yang berperan dalam mencampur tanah dengan bahan organik (BO) dan memperbaiki struktur tanah. Aktivitas cacing tanah dari kelompok *ecosystem engineer* meninggalkan banyak liang dalam tanah sebagai ‘biopori’ yang meningkatkan porositas tanah dan laju infiltrasi di dalam tanah (Gambar 1). Pada lahan pertanian adanya peningkatan infiltrasi dapat meningkatkan jumlah unsur hara tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam, salah satunya adalah unsur nitrogen (N) terutama dalam bentuk NO_3^- karena lemahnya ikatan NO_3^- dengan permukaan liat yang bermuatan negatif (Hairiah, 2007). Pengangkutan air dan hara dari lapisan atas menuju lapisan bawah hingga *groundwater* terjadi melalui pori makro tanah terutama melalui lubang (*burrows*) yang dihasilkan oleh cacing tanah. Lubang yang dibuat cacing tanah menghasilkan saluran air dalam profil tanah yang mempengaruhi keseimbangan dan pergerakan air (Dominguez *et al.*, 2004).

Pencucian N dari lahan pertanian dipengaruhi oleh rata-rata curah hujan tahunan, kadar air tanah, kepadatan vegetasi dan sifat fisik tanah (berat isi, porositas, kemantapan agregat dan konduktivitas hidraulik jenuh), serta konsentrasi N dalam tanah. Pemberian N dari pupuk buatan yang cepat tersedia dan jumlahnya melebihi kebutuhan tanaman dengan cepat akan tercuci. Tercucinya N ke lapisan paling bawah bila sampai pada *waterground* akan menyebabkan pencemaran air tanah. Penambahan N dalam bentuk organik, dapat mengurangi kehilangan NO_3^- lewat pencucian karena pelepasan terjadi secara bertahap (Dominguez *et al.*, 2004).

Di Indonesia penelitian yang mengevaluasi ‘*trade-off*’ dari efek perbaikan porositas tanah akibat penambahan BO dan aktivitas cacing penggali tanah (*soil engineers*) terhadap peningkatan pencucian N masih belum banyak dilakukan. Oleh

karena itu penelitian ini perlu dilakukan, dalam suatu kondisi terkontrol dengan menggunakan sangkar cacing (*planar cage*) yang melibatkan peran cacing tanah yang paling umum dijumpai pada lahan-lahan pertanian yaitu *Pontoscolex corethrurus*. Penyediaan kondisi porositas dan ketersediaan NO_3^- yang bervariasi dalam tanah, maka perlakuan penambahan campuran BO (pangkasan kopi, *Gliricidia* dan durian) perlu ditambahkan untuk mengontrol aktivitas cacing tanah; selain itu penambahan pupuk urea dan kombinasinya dengan pupuk organik juga dilakukan untuk mendapatkan kondisi ketersediaan NO_3^- yang beragam.

1.2. Tujuan Penelitian

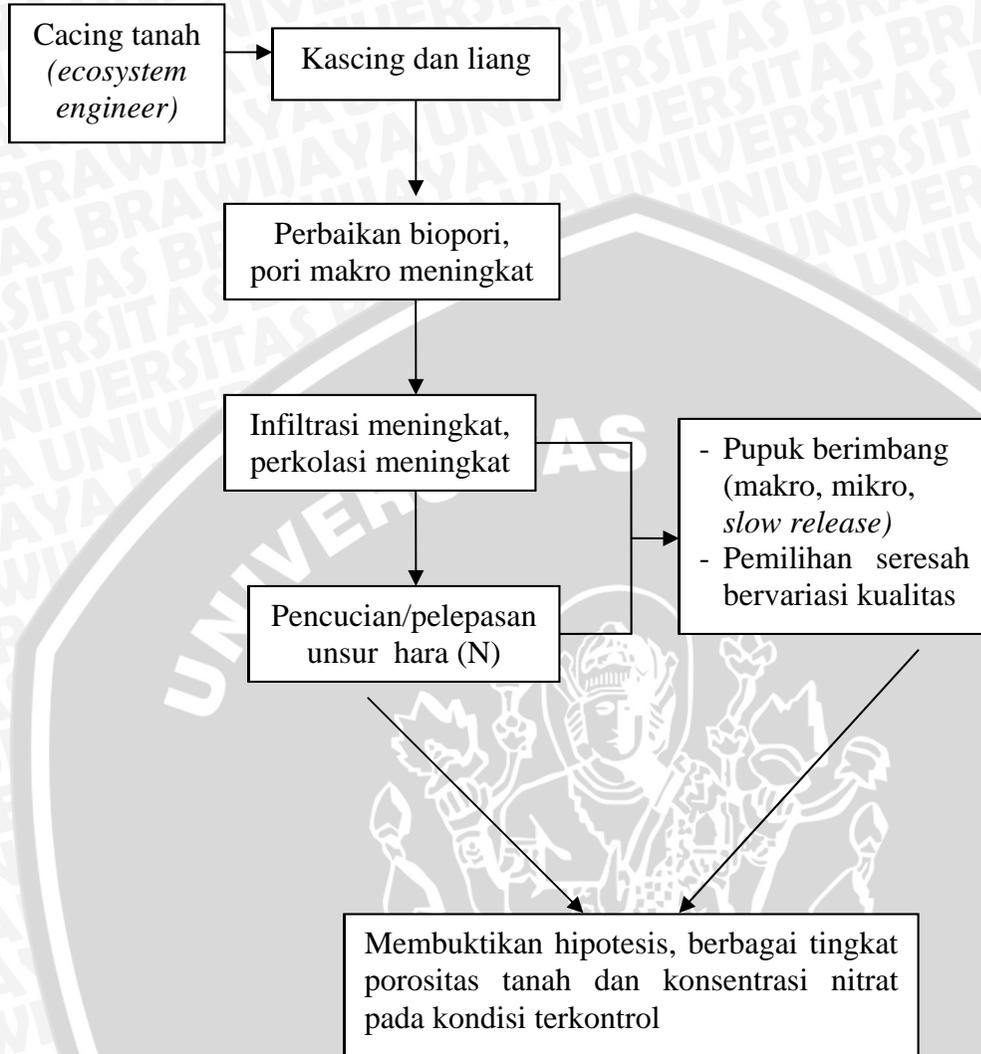
Mengetahui tingkat pencucian N pada berbagai kondisi biopori yang terbentuk oleh aktivitas cacing tanah.

1.3. Hipotesis

- 1). Porositas tanah yang meningkat diikuti oleh peningkatan perkolasi dan jumlah nitrat yang hilang tercuci.
- 2). Porositas tanah meningkat dengan meningkatnya biomasa cacing tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

Pengetahuan yang akan diperoleh dari penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk perbaikan strategi pengelolaan tanah secara biologi, agar diperoleh produksi tanaman yang optimal dengan tingkat pencemaran yang minimal.



Gambar 1. Skema Alur Latar Belakang Penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peran Cacing Tanah Terhadap Perbaikan Biopori dan Pencucian Nitrogen

Cacing tanah yang bergerak di dalam tanah meninggalkan saluran-saluran (*burrow*) tidak lain untuk mencernakan tanah dan BO sebagai sumber energinya. *Burrow* merupakan lubang-lubang yang berukuran sama dengan ukuran pori makro, tergantung dari jenis cacingnya (Suhara, 2003). Semakin aktif cacing tanah akan semakin meningkat jumlah pori makro tanah. Kelompok cacing yang dapat mempertahankan porositas tanah adalah cacing dari kelompok *soil engineers* atau *ecosystem engineer*, yang tinggal dan aktif di dalam tanah tetapi mengkonsumsi seresah yang ada di dalam tanah maupun di permukaan tanah. Aktivitas cacing tanah kelompok *ecosystem engineer* meninggalkan banyak liang dalam profil tanah sebagai biopori sehingga meningkatkan porositas tanah (Hairiah *et al.*, 2004). Peningkatan porositas tanah berhubungan erat dengan besarnya infiltrasi air tanah karena biopori yang dibentuk oleh cacing tanah dapat berperan utama sebagai jalan kecil untuk pertumbuhan akar, pergerakan air dan pengangkutan bahan kimia.

Menurut Edwars and Bohlen (dalam Dominguez *et al.*, 2004) cacing tanah dapat meningkatkan pencucian atau kehilangan hara dari sistem. Pengangkutan air dan hara melalui pori makro tanah dan utamanya melalui lubang (*burrow*) yang dibuat oleh cacing merupakan mekanisme penting pergerakan hara dalam tanah dari lapisan tanah atas menuju lapisan di bawahnya atau *groundwater* (Zachmann *et al.*, 1987). Lubang (*burrows*) yang dibuat cacing tanah menghasilkan saluran kecil aliran air dalam profil tanah yang mempengaruhi keseimbangan dan pergerakan air. Berdasarkan hasil penelitian Dominguez *et al.*, 2004, bahwa rata-rata volume pencucian pada perlakuan N secara signifikan meningkat pada plot dengan meningkatnya populasi cacing tanah dibandingkan dengan pada plot populasi cacing tanah menurun.

2.2. Pencucian Nitrogen Pupuk N-anorganik

Pada kondisi tropika basah, sekitar 50 % dari total hara N yang diberikan lewat pemupukan hilang karena pencucian (Noordwijk, 1989). Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan ion amonium (NH_4^+). Sebagian besar nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat karena ion tersebut bermuatan negatif sehingga selalu berada di dalam larutan tanah dan mudah terserap. Ion nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran air. Arah pencucian menuju lapisan di bawah daerah perakaran sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Pergerakan N dalam tanah akan tercuci dari lapisan tanah atas menuju lapisan di bawahnya melalui perkolasi. Sebaliknya, ion amonium bermuatan positif sehingga terikat oleh koloid tanah. Ion tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation karena bermuatan positif, ion amonium tidak mudah hilang oleh proses pencucian (Novizan, 2002).

Menurut Tan (1982), bahwa kapasitas pertukaran anion (KTA) pada umumnya sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas pertukaran kation (KTK), sehingga mekanisme penyanggaan anion dalam tanah tidak nyata dan mudah tercuci oleh air perkolasi. Pada tanah tropika, nitrat dibentuk oleh bakteri atau dari pemecahan dan mineralisasi N-organik yang merupakan anion yang bersama kation akan mudah tercuci Williams dan Joseph 1976 (dalam Subowo dkk, 1990). Pupuk urea agar dapat diserap tanaman, N dalam urea harus diubah dulu menjadi amonium dengan bantuan enzim tanah urase melalui proses hidrolisis. Bila diberikan ke tanah proses hidrolisis cepat sekali terjadi sehingga mudah menguap sebagai amonia. Urea mudah larut dalam air sehingga akan mudah diserap oleh tanaman tetapi mudah tercuci oleh air. Berdasarkan hasil penelitian Suprayogo *et al.*, 2000 (dalam wahyuni, 2004) bahwa 3 sampai 65 kg ha⁻¹ dari 90 kg N ha⁻¹ pupuk urea pada tanaman jagung dan kacang tanah monokultur telah hilang dari tanah melalui pencucian.

2.3. Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen Bahan Organik

Lebih dari 90 % nitrogen tanah berada dalam bentuk organik. Bentuk organik hanya dapat dilepas melalui proses biologi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Penambahan pupuk organik yang mengandung N biasanya akan mentransformasikan N ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih sedikit dan agak lambat terutama disebabkan harus adanya perubahan atau dekomposisi BO menjadi bentuk anorganik yang tersedia bagi tanaman (Hakim *et al.*, 1986).

Secara umum, kecepatan dekomposisi BO dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu tanah dan komposisi sifat fisik dan kimia bahan yang disebut kualitas (Ladd *et al.*, 1985). Parameter kualitas yang menyebabkan mudah tidaknya bahan terdekomposisi adalah kandungan N, lignin dan polifenol (Horner *et al.*, 1988). Kandungan lignin dan polifenol yang tinggi dapat menghambat pelepasan N, dan hal ini disebabkan terjadinya ikatan lignin-N dan polifenol-N. Dihilak lain, nisbah C/N berhubungan erat dengan laju pelepasan N. Seresah dikatakan berkualitas tinggi apabila nisbah C:N <25, kandungan lignin <15 % dan polifenol <3 %, sehingga cepat lapuk (Palm dan Sanchez, 1991). Bahan organik berkualitas tinggi akan melepaskan unsur hara terlalu cepat, kira-kira sama dengan pupuk organik, menyebabkan kemungkinan terjadinya kehilangan unsur hara dan rendahnya efisiensi penggunaan unsur hara. Bahan organik berkualitas rendah akan melepaskan unsur hara terlalu lambat atau tidak mengandung cukup unsur hara untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Menurut Stevenson (1986) agar terjadi mineralisasi, kandungan N suatu bahan organik harus lebih dari nilai kritis 1.5 % - 2.5 % dibawah nilai kritis tersebut akan terjadi imobilisasi. Selain kualitas, praktek pengelolaan juga dapat memberikan pengaruh cukup besar terhadap keberhasilan sinkronisasi antara N yang dilepaskan dari BO yang mengalami dekomposisi dengan saat tanaman membutuhkan N. Secara umum, laju dekomposisi dan mineralisasi N BO yang diletakkan di permukaan tanah (mulsa) jauh lebih lambat dibandingkan BO yang diletakkan di permukaan tanah.

Pencucian nitrat memiliki korelasi dengan kandungan BO. Dekomposisi BO akan terhumifikasi dengan menghasilkan humus. Humus merupakan senyawa yang resisten berwarna hitam atau coklat dan menyimpan unsur hara yang tinggi. Tingginya daya menyimpan unsur hara adalah akibat tingginya kapasitas tukar kation. Humus juga

memiliki gugus yang aktif terutama gugus karboksil, dari gugus karboksil menghasilkan COO^- yang dapat mengikat NH_4^+ sehingga tidak sampai terjadi nitrifikasi yaitu perubahan amonium menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat sehingga adanya BO dapat mengurangi pencucian nitrat. Kehilangan N akibat pencucian atau emisi gas tergantung pada faktor tanah dan iklim.

2.4. Tanah-Tanah yang Bermasalah Pada Pencucian Nitrogen

Tanah di kawasan tropika basah pada umumnya memperoleh energi matahari dan curah hujan yang besar sepanjang tahun. Tanah menjadi reaktif (peka) dan mempunyai tingkat erosi serta pencucian (*leaching*) yang tinggi. Tingginya temperatur dan kelembaban udara mengakibatkan dekomposisi BO dan pelepasan hara berlangsung cepat (Subowo *et al.*, 1990).

Menurut Sudjadi (1984) di Indonesia terdapat 3 jenis tanah penting yang bermasalah yaitu Inceptisol, Ultisol dan Oxisols. Tanah Inceptisols menyebar paling luas dibandingkan jenis tanah lainnya, yaitu sekitar 70.5 juta ha atau sekitar 37.5 % dari luas daratan Indonesia. Ultisols menyebar paling luas kedua setelah Inceptisols, yaitu sekitar 45.8 juta ha atau 24.3 % dari luas total daratan Indonesia. Kedua tanah tersebut mempunyai pH yang sangat masam hingga agak masam, yaitu sekitar 4.1 - 5.5 dan memiliki tingkat pencucian hara tinggi. Umumnya tanah Ultisol di Indonesia didominasi liat kaolinit, karena itu tanah tersebut memiliki kapasitas tukar kation dan kesuburan rendah serta rentan erosi. Oxisols merupakan tanah yang telah mengalami pelapukan mineral yang sangat cepat. Proses pelapukan yang intensif ini melepaskan unsur-unsur yang akhirnya hilang tercuci, dan hanya menyisakan produk akhir pelapukan dan mineral-mineral tahan lapuk, yang pada umumnya kurang menyumbangkan unsur hara bagi tanaman. Tanah-tanah Oxisols didominasi oleh mineral hidrous oksida besi atau aluminium dan kaolinit. Mineral-mineral tersebut mempunyai daya kohesi, plastisitas, dan kapasitas memuai yang rendah, dan kapasitas tukar kation yang rendah.

2.5. Permasalahan Pencucian Nitrogen di Tanah Andisol

Andisol (Andosol) termasuk tanah-tanah pertanian utama di Indonesia. Tanah ini memiliki luas sekitar 5.4 juta ha atau sekitar 2.9 % dari luas daratan Indonesia. Tanah ini mempunyai sifat tanah andik, yaitu kadar BO kurang dari 25 % dan kandungan bahan amorf (alofan, imogolit, ferrihidrit, atau senyawa kompleks Al-humus) yang tinggi (Soil Survei Staff, 1998).

Andisol merupakan tanah yang subur secara fisik dan kimia yang sesuai dengan kondisi yang diperlukan oleh tanaman pertanian, yaitu gembur, ringan dan berpori, berwarna gelap, bertekstur sedang (lempung, lempung berdebu, dan lempung liat berdebu) (Buring, 1970). Tingginya porositas pada tanah Andisol akan meningkatkan konduktivitas hidraulik jenuh (KHJ) dan infiltrasi. Tanah yang memiliki KHJ tinggi berarti pergerakan air dalam tanah cepat yang menyebabkan tanah membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai jenuh. Air hujan yang mengenai tanah akan diteruskan ke bawah menjadi air perkolasi. Selama mengalir melalui pori-pori tanah, air melarutkan unsur apa saja yang ada di dalamnya sehingga banyak unsur hara yang terbawa aliran air dari lapisan atas ke lapisan yang lebih dalam (Hairiah *et al.*, 2000). Tanah Andisol pada awal pembentukannya sangat ditentukan oleh bahan induk tetapi pada tahapan berikutnya pada perkembangan tanah akan ditentukan oleh keadaan iklim dan vegetasi. Hal ini akan berpengaruh terhadap akumulasi BO berikut kecepatan dekomposisinya.

2.6. Upaya Untuk Mengurangi Pencucian Nitrogen

Kehilangan N dari lahan pertanian dapat dikurangi dengan cara mengurangi pencucian, aliran permukaan, dan jumlah N yang diberikan. Aplikasi di lapang biasanya dengan cara: penanaman *cover crops*, penggunaan *green manures* sebagai *catch crops* (Muller *et al.*, 1989), perbaikan pengelolaan tanah dan air, dan mengurangi takaran pupuk atau meningkatkan efisiensi pemupukan N. Selain itu perubahan sistem usaha tani seperti dari sistem lahan kering ke sawah juga dapat mengurangi kehilangan N terutama dalam bentuk nitrat (Nursyamsi *et al.*, 2000).

Berdasarkan hasil penelitian Purwanto (2007) bahwa pengaturan kualitas masukan BO (seresah) dapat mengendalikan laju nitrifikasi sehingga diperkirakan dapat menurunkan pelindian N dalam tanah, pencemaran NO_3^- , emisi gas rumah kaca serta

meningkatkan efisiensi pemanfaatan N. Pengendalian nitrifikasi dapat dilakukan dengan pemilihan seresah dari berbagai tanaman sumber BO yang bervariasi kualitasnya. Campuran seresah tersebut diharapkan mempertahankan kandungan bahan organik tanah (BOT) dan memberikan N-mineral dengan laju pelepasan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, untuk menghindari peningkatan konsentrasi NH_4^+ yang mendorong nitrifikasi dan kehilangan N.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III

BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2009, menggunakan sangkar cacing (*planar cage*) di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Analisis sifat fisik, kimia dan biologi dilakukan di Laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

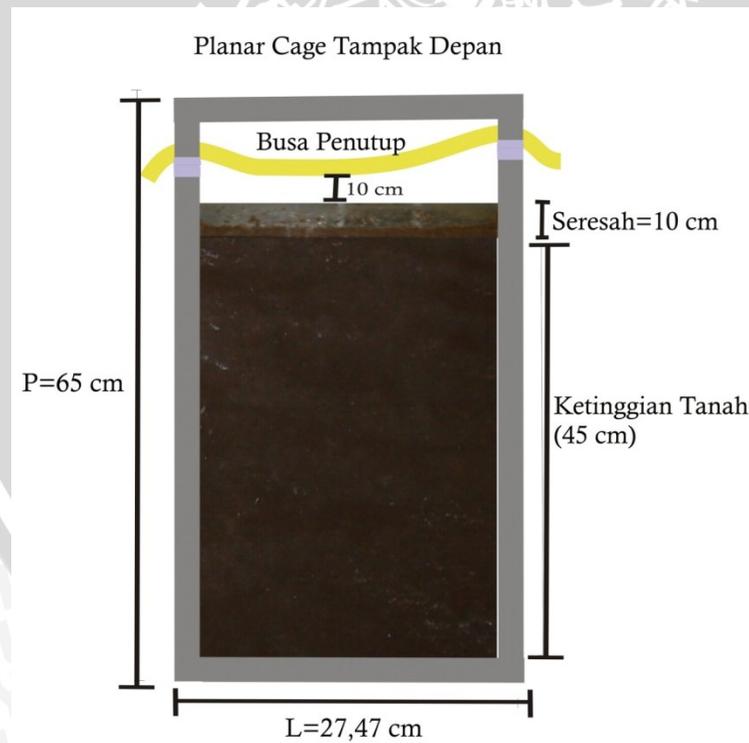
3.2. Bahan dan Alat Percobaan

3.2.1. Bahan percobaan

Untuk mengkondisikan berbagai tingkat porositas tanah dan konsentrasi nitrat pada kondisi terkontrol, contoh tanah ditambah dengan BO yang berasal dari tanaman yang paling umum dijumpai pada sistem agroforestri di desa Sumber Agung, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, yaitu pohon kopi, *Gliricidia* dan durian. Bahan yang digunakan adalah campuran pangkasan daun dari masing-masing jenis tanaman tersebut dengan rasio 1:1:1. Karakteristik kualitas BO yang ditambahkan adalah kandungan N sekitar 3.5 %, total C 28.8 %, Nisbah C/N 8.23, Lignin 23.5 %, Polifenol sekitar 3.2 %, dan L+P/N sekitar 7.62 %. Guna meningkatkan ketersediaan N dalam tanah, pupuk N-anorganik yang digunakan adalah pupuk N-urea (mengandung sekitar 46 % N). Jenis tanah yang digunakan adalah Andisol (mengandung sekitar 0.25 % N) diambil pada kedalaman 0 - 20 cm yang berasal dari lahan tanaman bambu, desa Sumber Agung, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Untuk membuat porositas ditambahkan cacing tanah jenis endogeic *Ponthoscolex corethrurus* yang belum memiliki klitelum yang diambil pada kedalaman 10 - 30 cm, pada lahan pertanian tanaman padi di Kecamatan Ngantang.

3.2.2. Alat percobaan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini meliputi peralatan pengambilan contoh tanah, seresah dan cacing tanah antara lain sekop, cangkul dan bambu batangan sebagai wadah menyimpan cacing. Pada percobaan pencucian nitrat, alat yang digunakan meliputi *planar cage*, nampan, besi dudukan *planar cage*, busa penutup *planar cage*, kain hitam penutup *planar cage*, pipet untuk menyedot air drainase, botol semprot, gelas ukur, planimeter, pinset, timbangan, penggaris, benang, oven, saringan 2 mm dan mesin penggiling. *Planar cage* yang digunakan sebagai sangkar cacing terbuat dari 2 lembar mika bening yang menyatu oleh skrup kupu. *Planar cage* mempunyai ketebalan 3 mm berukuran 650 mm x 300 mm x 10 mm dan pada bagian bawah dibuat 5 lubang kecil untuk drainase (Gambar 2). Untuk memperoleh *leachete*, setiap *planar cage* dilengkapi dengan penyaring alumunium yang dilapisi busa. *Planar cage* juga dilengkapi dengan dudukan dari besi dan nampan untuk menampung *leachete* yang keluar dari lubang drainase.



Gambar 2. Media *planar cage* berisikan tanah dan seresah

3.3. Metode Penelitian

Perlakuan dari percobaan ini ada 5 level yang diatur menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 kali ulangan. Adapun perlakuannya sebagai berikut:

- KO : Kontrol 1 (tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik)
- KCC : Kontrol 2 (+ cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik)
- UREA : + Cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik
- KGD : + Cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik
- KGDU : + Cacing, + N-anorganik, + N-organik

3.4. Pelaksanaan Percobaan

3.4.1. Persiapan bahan

Pelaksanaan penelitian meliputi pengambilan cacing yang belum dewasa sekitar 100 ekor. Ciri-ciri utama *Ponthoscolex corethrurus* adalah panjang tubuh sekitar 55 - 105 mm, diameternya 3.5 - 4 mm, berwarna keputih-putihan dengan sedikit kecoklatan. Anteriornya berwarna kemerahan dan bagian ventral seta tersusun bergantian mendekat dan menjauh. Pada bagian posterior seta lebih besar sehingga lebih jelas terlihat, terdapat seta yang mirip duri seperti kulit nanas yang disebut *quinchunck* (Setyaningsih, 2008). Cacing yang telah diperoleh diaklimatisasi selama 2 minggu di laboratorium, dengan jalan memelihara cacing dalam besek bambu yang berisikan tanah dan seresah kopi yang ditutup dengan kain hitam. Selama masa aklimatisasi kelembaban tanah dalam besek bambu dipertahankan agar cacing dapat tetap hidup.

Untuk memenuhi kebutuhan percobaan, tanah Andisol diambil sekitar 40 kg dikering udarkan kemudian dihaluskan menggunakan mesin penggiling dengan ukuran kehalusan partikel < 2 mm. Tanah yang dimasukkan ke dalam *planar cage* diatur kepadatannya dengan jalan menepuk dinding *planar cage* hingga mencapai ketinggian 45 cm sehingga masing-masing *planar cage* diisi dengan tanah rata-rata sebanyak 1846.5 g dengan jumlah N total dalam tanah 4.62 g. Seresah diambil dari pangkasan daun kopi, *Gliricidia* dan durian masing-masing sebanyak 5 kg, selanjutnya dikering udarkan

kemudian dihaluskan menggunakan mesin penggiling dengan ukuran kehalusan partikel < 2 mm. Seresah diberikan di permukaan tanah sebagai sumber N-organik dengan dosis 8 ton ha⁻¹ sehingga untuk setiap *planar cage* rata-rata memperoleh 6710 mg dengan jumlah N yang ditambahkan dari pemberian seresah 234.85 mg. Urea diberikan pada permukaan tanah sebagai sumber N-anorganik dengan dosis 200 kg ha⁻¹, maka untuk setiap *planar cage* memperoleh 170 mg dengan jumlah N yang ditambahkan dari pemberian urea 78.2 mg. *Planar cage* yang telah berisikan tanah, seresah dan urea direndam dalam bak yang berisikan air aquadest selama 2 hari hingga mencapai kapasitas lapang (KL). Untuk memperoleh pembasahan yang merata dibantu dengan penyiraman dari bagian atas *planar cage* secara perlahan-lahan. Penyiraman menggunakan air aquadest bertujuan agar tidak terjadi penambahan ion yang mengandung N selain yang bersumber dari tanah, BO dan urea.

3.4.2. Analisa dasar

Sebelum percobaan dimulai dilakukan beberapa analisis dasar pada tanah meliputi: C total (Metode Walkey Black), N total (Kjeldahl), pH (Metode H₂O), tekstur (Hidrometer), kadar air (Gravimetrik), kadar NO₃⁻ (Spektrofotometri), dan analisis kualitas seresah meliputi: C total (Metode Walkey Black), N total (Kjeldahl), kandungan Lignin (Serat Diterjen Asam) dan kandungan Polifenol (Pereaksi Folindens).

3.4.3. Inkubasi

Perlakuan yang telah diaplikasikan ke dalam masing-masing *planar cage* dan telah mencapai kapasitas lapang (KL), diinkubasi selama 3 hari. Setelah masa inkubasi selesai, cacing tanah yang telah diaklimatisasi diukur biomasa, panjang dan diameternya lalu dimasukkan ke dalam setiap *planar cage* sebanyak 5 ekor. Bila ada cacing tanah yang mati dilakukan penyulaman. Setiap 3 hari sekali dilakukan penyiraman sebanyak 10 % KL (sekitar 300 ml) dan air yang keluar (perkolasi) diukur volumenya setelah itu ditampung ke dalam botol dan dimasukkan ke dalam *freezer* untuk menghindari terjadinya penguapan sebelum dianalisis konsentrasi NO₃⁻ nya di laboratorium.

3.4.4. Pengamatan

Pengamatan penelitian meliputi pengamatan panjang liang sebagai pendekatan dalam mengukur jumlah pori, dilakukan pada minggu ke 1, 2, 4, 6 dan 8. Pengukuran volume air tertampung pada nampan sebagai pendekatan dalam mengukur perkolasi dilakukan setiap 3 hari sekali dan analisis kandungan N mineral dalam larutan hasil pencucian dilakukan pada minggu ke 2, 4, 6 dan 8. Pengukuran pertumbuhan cacing tanah yang mempengaruhi ukuran pori tanah, terdiri dari panjang, diameter, dan biomasa tubuh cacing yang dilakukan pada akhir percobaan. Pengamatan produksi kascing sebagai pendekatan adanya aktivitas cacing dalam pembentukan pori dilakukan pada akhir percobaan. Kascing yang terdapat di permukaan dan di dalam tanah diambil dengan menggunakan pinset dan ditimbang berat basah dan berat keringnya. Panjang liang digambar menggunakan spidol berwarna pada kedua sisi mika *planar cage* pada irisan vertikal dan horizontal lalu diukur menggunakan planimeter. Sedangkan pencucian N dianggap terjadi, setelah ada tetesan air perkolasi yang tertampung pada nampan yang dipasang di bawah *planar cage*. Larutan hasil pencucian (*leachate*) yang diperoleh dianalisis kandungan NO_3^- nya menggunakan alat spektrofotometer.

3.5. Analisa Statistik

Analisis keragaman data (Anova) dilakukan menggunakan program SPSS untuk mengetahui pengaruh cacing tanah terhadap peningkatan porositas tanah dan pencucian nitrat. Bila ada pengaruh nyata ($p < 0.05$) maka dilakukan uji BNT taraf 5% untuk mengetahui perbedaan respon cacing dan kondisi tanah lainnya terhadap perlakuan, serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh cacing tanah terhadap peningkatan porositas tanah dan pencucian nitrat. Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan cacing tanah terhadap peningkatan porositas tanah dan pencucian nitrat, dan dilanjutkan dengan analisis regresi untuk mengetahui pola hubungannya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

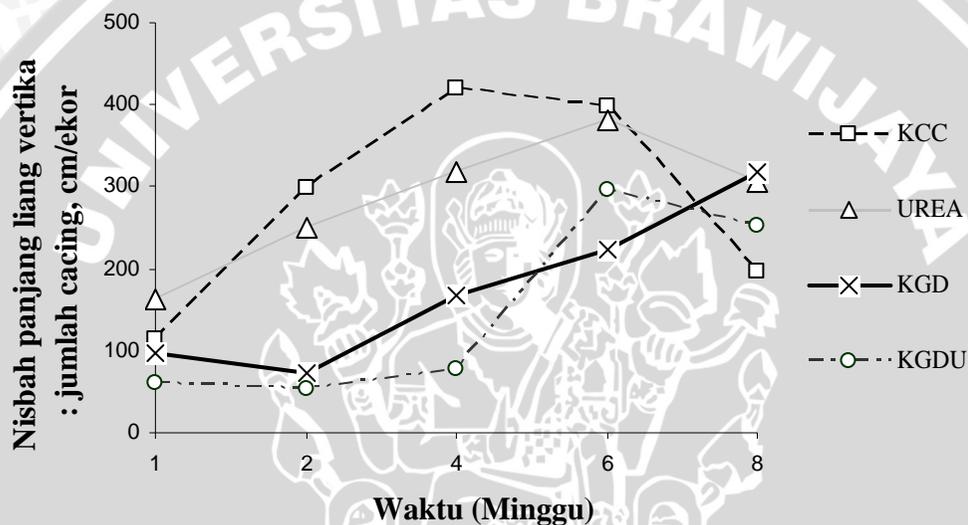
4.1.1. Pengaruh cacing tanah *Pontoscolex corethrurus* terhadap terbentuknya pori makro tanah

Cacing *Pontoscolex corethrurus* mendapatkan makanan dari permukaan tanah dan membawanya ke dalam tanah. Pergerakan cacing dalam mencari makanan menambah liang-liang dalam tanah sebagai biopori. Biopori yang dibentuk oleh cacing meningkatkan pori makro horizontal dan vertikal yang meningkatkan porositas tanah. Keberadaan pori makro horizontal dan vertikal berperan di dalam tata udara dan air. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap total pori (Lampiran 13), dan pengaruhnya berbeda-beda antar waktu pengamatan. Rata-rata penambahan pori makro berkisar antara 36 - 119 cm/minggu. Masing-masing individu menyebabkan penambahan pori makro berkisar antara 4.7 - 9.5 cm/hari (Lampiran 8).

Pontoscolex corethrurus lebih banyak menghasilkan pori makro vertikal daripada pori makro horizontal. Pori makro vertikal mempunyai peran penting dalam meningkatkan pencucian N. Aktivitas cacing tanah dalam membuat pori makro vertikal dapat mempengaruhi kecepatan infiltrasi dan perkolasi air di dalam tanah. Perkolasi yang tinggi dapat meningkatkan pelarutan unsur hara dari lapisan atas menuju lapisan bawah melalui pori makro vertikal tanah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang sangat nyata ($p < 0.01$) antara aktivitas *Pontoscolex corethrurus* dengan waktu pengamatan terhadap pori makro vertikal (Lampiran 13). Rata-rata penambahan pori makro vertikal berkisar antara 3.5 - 108.4 cm/minggu. Masing-masing individu menyebabkan penambahan pori makro vertikal berkisar antara 3.1 - 6.6 cm/hari (Lampiran 8).

Aktivitas cacing tanah dalam membuat pori makro vertikal lebih rendah (masing-masing 53.6 %, 46.6 %, dan 8.9 %) karena pengaruh perlakuan kombinasi pupuk N-anorganik dan N-organik maupun perlakuan pupuk N-organik dan N-anorganik saja

daripada tanpa penambahan pupuk (368 cm/ekor). Sedangkan pori makro vertikal yang dihasilkan karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik lebih besar (83 %) daripada pori makro vertikal karena pengaruh perlakuan pupuk N-organik dan kombinasinya dengan N-anorganik (Gambar 3, Lampiran 8). Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi porositas tanah berbeda antar perlakuan, dengan demikian percobaan pengukuran pencucian N ini telah dirancang dengan benar. Perkembangan pori makro vertikal yang dihasilkan cacing tanah selama 8 minggu setelah percobaan (MSP) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nisbah panjang liang vertikal: jumlah cacing dengan berbagai perlakuan pada berbagai waktu pengamatan (Ket : KCC = tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik (kontrol 2); UREA = + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + N-anorganik, + N-organik)

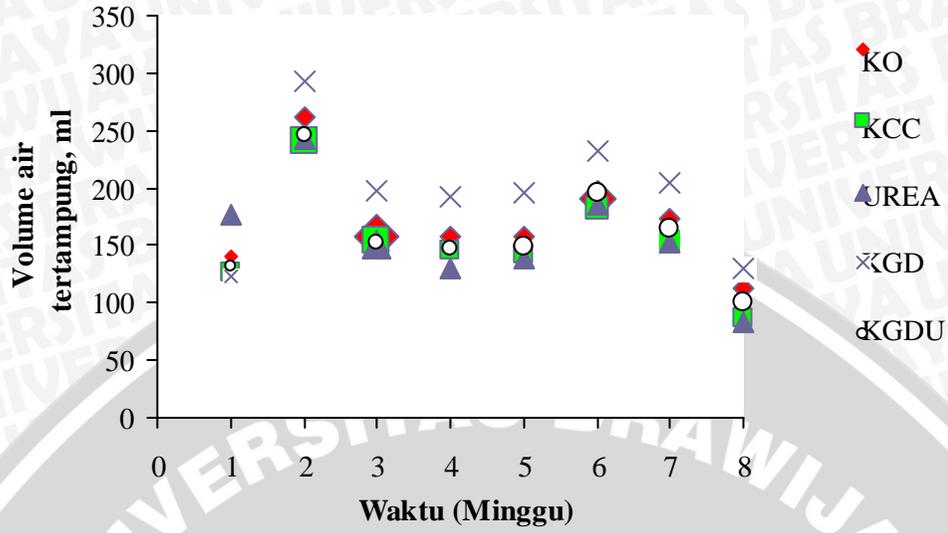
Pori makro vertikal terus meningkat (rata - rata peningkatan 71 %) seiring dengan bertambahnya waktu (minggu 2, 4 dan 6). Peningkatan pori makro vertikal paling tinggi (79 %) terjadi pada minggu ke 6. Hal ini disebabkan oleh jumlah suplai makanan dalam tanah yang semakin berkurang sehingga pergerakan cacing tanah semakin meningkat maka penambahan pori makro pun meningkat. Pada minggu 8, pori makro vertikal menurun karena populasi cacing tanah berkurang (Gambar 3, Lampiran 18).

4.1.2. Pengaruh cacing tanah *Pontoscolex corethrurus* terhadap perkolasi tanah

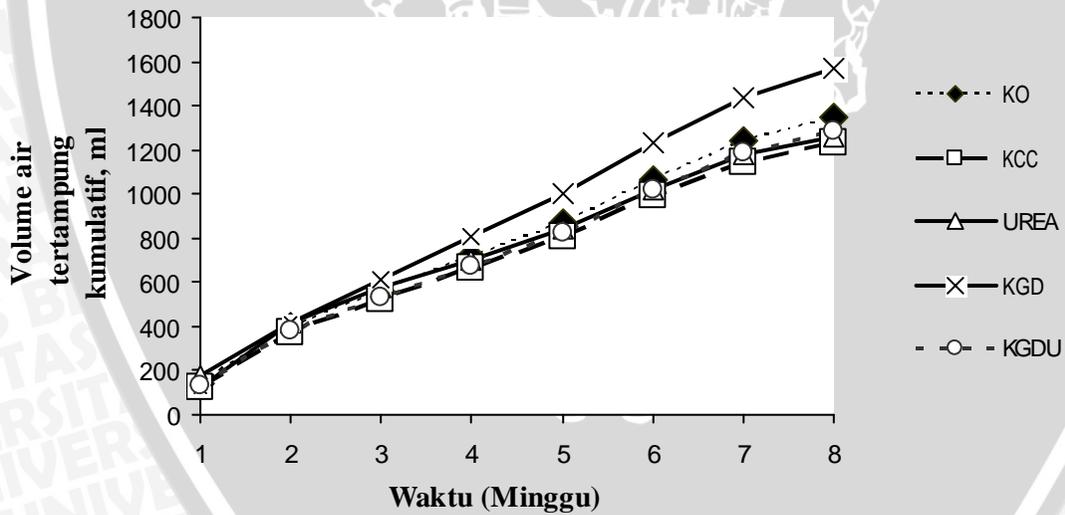
Perkolasi adalah pergerakan air yang memasuki lapisan permukaan tanah yang mengarah ke lapisan bawah pada zona tidak jenuh sampai mencapai muka air tanah pada zona jenuh. Volume air yang tertampung diukur sebagai pendekatan mengukur perkolasi tanah dalam *planar cage*. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aktivitas *Pontoscolex corethrurus* berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap perkolasi tanah dan pengaruhnya berbeda-beda antar waktu pengamatan (Lampiran 14). Rata - rata volume air perkolasi yang tertampung berkisar antara 84 - 292 ml/minggu (Lampiran 9).

Perkolasi meningkat karena adanya aktivitas cacing tanah membuat biopori di dalam tanah. Pori-pori menjadikan tanah berongga hingga mempercepat proses peresapan air ke dalam tanah. Pada kondisi lapangan meningkatnya kemampuan tanah dalam meresapkan air akan memperkecil peluang terjadinya aliran air di permukaan tanah.

Aktivitas cacing tanah meningkatkan perkolasi dalam tanah (masing-masing 27 %, 4.5 %, dan 2.2 %) karena pengaruh perlakuan pupuk N-organik dan kombinasinya dengan N-anorganik maupun perlakuan N-anorganik saja daripada tanpa penambahan pupuk (1.3 L) (Gambar 4, Lampiran 9). Hal ini diduga disebabkan karena ukuran tubuh cacing tanah yang diasumsikan sama dengan ukuran diameter pori tanah, lebih besar karena pengaruh perlakuan pupuk N-organik sehingga kecepatan air dalam tanah tinggi dan volume air perkolasi yang tertampung besar. Perkolasi paling tinggi terjadi pada minggu ke 2. Hal ini diduga disebabkan karena suplai makanan dalam tanah tersedia, sehingga ukuran tubuh cacing tanah meningkat maka ukuran pori yang terbentuk besar. Pada minggu 8, ukuran tubuh cacing tanah menurun oleh ketersediaan pakan yang berkurang (Gambar 4, Lampiran 19).



Gambar 4. Volume air perkolasi yang tertampung pada berbagai perlakuan pada berbagai waktu pengamatan



Gambar 5. Volume air perkolasi kumulatif yang tertampung pada berbagai perlakuan pada berbagai waktu pengamatan (Ket : KCC = tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik (kontrol 2); UREA = + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + N-anorganik, + N-organik)

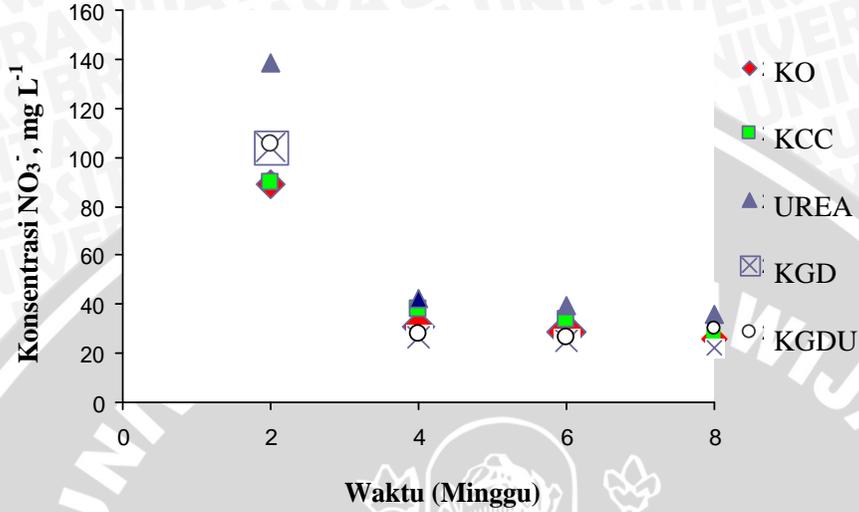
4.1.3. Pengaruh cacing tanah *Pontoscolex corethrurus* terhadap pencucian NO_3^-

Pencucian NO_3^- diukur dengan pendekatan mengukur konsentrasi NO_3^- dalam *leachate*. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang sangat nyata ($p < 0.01$) antara aktivitas *Pontoscolex corethrurus* dengan waktu pengamatan terhadap pencucian nitrat (Lampiran 15). Rata - rata pencucian nitrat berkisar antara 11 - 69 mg L^{-1} /minggu (Lampiran 10). Aktivitas cacing tanah meningkatkan pencucian lebih besar (42 %) karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik daripada kombinasinya dengan pupuk N-organik dan perlakuan pupuk N-organik saja (Gambar 6, Lampiran 10). Meningkatnya pencucian juga dipengaruhi oleh penggunaan pupuk N-anorganik (urea) bila diaplikasikan ke tanah cepat mengalami hidrolisis yang selanjutnya akan diikuti oleh proses nitrifikasi dan pencucian NO_3^- (Madigan *et al.*, 2000). Hal ini juga ditegaskan oleh hasil penelitian Purwanto (2006) dalam Kurniawan, 2007 bahwa pada minggu 1 setelah percobaan, konsentrasi NH_4^+ meningkat drastis akibat hidrolisis pupuk urea.

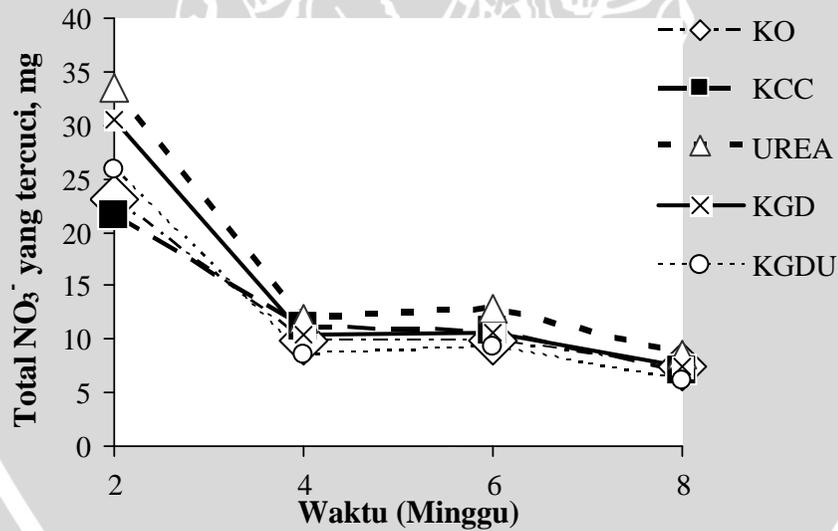
Sejalan dengan hasil penelitian Dominguez *et al.*, (2004) menyatakan bahwa kehilangan N melalui pencucian lebih besar pada plot menggunakan pupuk anorganik dibandingkan dengan plot pupuk organik. Hal ini disebabkan oleh besarnya konsentrasi pupuk N anorganik dan rendahnya potensi imobilisasi dalam plot pupuk anorganik. Bahan organik menyebabkan terjadinya imobilisasi sehingga dapat memperlambat pembentukan nitrat. Penambahan pupuk N-organik yang mengandung N akan mentransformasikan N ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih sedikit agak lambat. Hal ini disebabkan karena harus adanya perubahan atau dekomposisi bahan organik menjadi bentuk anorganik yang tersedia bagi tanaman (Hakim *et al.*, 1986). Dekomposisi bahan organik akan menghasilkan humus yang memiliki gugus aktif karboksil COO^- yang dapat mengikat NH_4^+ sehingga tidak terjadi nitrifikasi.

Pencucian nitrat paling tinggi (dua kali lipat) terjadi pada minggu ke 2 dan diikuti dengan penurunan pada minggu ke 4 hingga 8. Salah satu faktor yang mempengaruhi pencucian N adalah ketersediaan N di dalam tanah. Pada minggu ke 2, N dalam tanah yang berasal N-anorganik dan N-organik banyak yang telah menjadi NH_4^+ dan

mengalami nitrifikasi menjadi NO_3^- sehingga banyak yang tercuci. Pada minggu selanjutnya N dalam tanah jumlahnya semakin berkurang oleh pencucian yang tinggi pada minggu ke 2 (Gambar 6, Lampiran 20).



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi pencucian NO_3^- dengan berbagai perlakuan pada berbagai waktu pengamatan



Gambar 7. Rata-rata total NO_3^- yang tercuci dengan berbagai perlakuan pada berbagai waktu pengamatan (Ket : KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1); KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik)

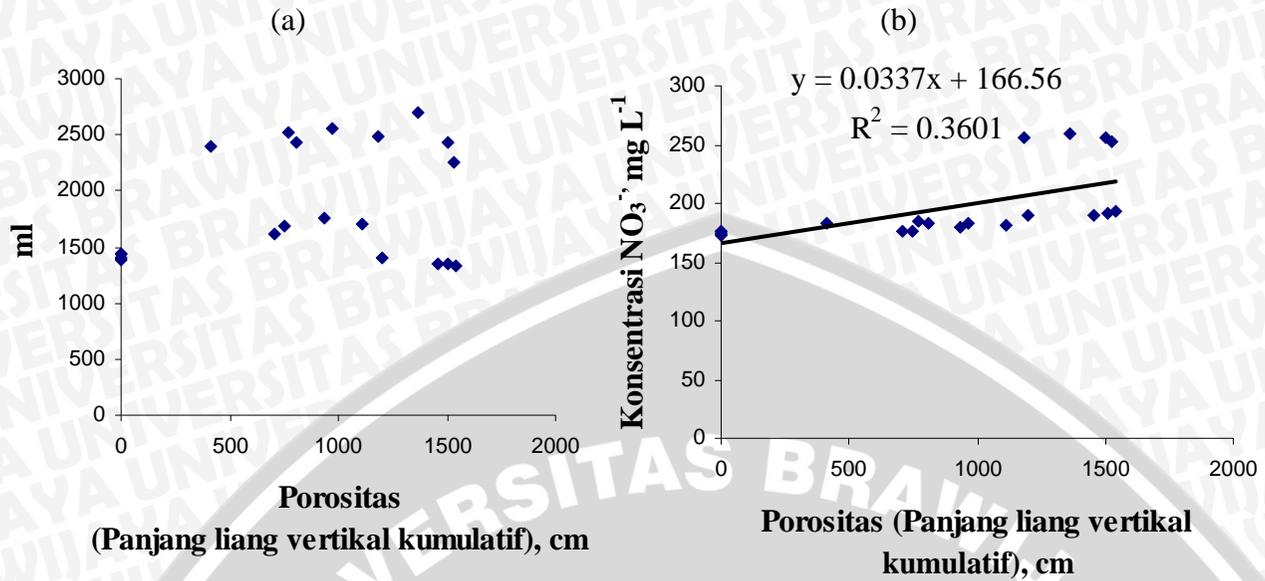
4.1.4. Hubungan Porositas Tanah Dengan Perkolasi dan Pencucian NO_3^-

Adanya aktivitas *Pontoscolex corethrurus* berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap konsentrasi pencucian NO_3^- dan pengaruhnya berbeda-beda antar waktu pengamatan (Lampiran 15). Aktivitas cacing tanah meningkatkan pencucian lebih besar (42 %) karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik daripada kombinasinya dengan pupuk N-organik dan perlakuan pupuk N-organik saja (Lampiran 10). Tingginya konsentrasi pencucian NO_3^- dipengaruhi oleh porositas tanah dan sumber masukan N dalam tanah.

Peningkatan pori makro vertikal dapat mempengaruhi kecepatan infiltrasi, dan perkolasi air di dalam tanah. Tingginya jumlah pori makro vertikal dalam tanah akan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Air hujan yang mengalir dalam tanah melalui infiltrasi diteruskan ke bawah menjadi air perkolasi. Selama mengalir melalui pori-pori tanah, air melarutkan unsur apa saja yang ada di dalamnya sehingga banyak unsur hara yang terbawa aliran air dari lapisan atas ke lapisan yang lebih dalam salah satunya adalah unsur esensial tanaman N (Hairiah *et al.*, 2000). Tercucinya N ke lapisan paling bawah bila sampai pada *waterground* akan menurunkan kualitas air dan menimbulkan pencemaran. Aktivitas cacing tanah menghasilkan pori makro vertikal paling tinggi karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik (83 %) daripada karena perlakuan kombinasinya dengan pupuk N-organik maupun diberi pupuk N-organik saja (Lampiran 18).

Hasil analisis korelasi (Lampiran 21) menunjukkan bahwa panjang liang vertikal kumulatif tidak berhubungan dengan volume air perkolasi yang tertampung tetapi berhubungan erat dan nyata dengan pencucian NO_3^- ($r = 0.600^{**}$). Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa variasi data konsentrasi pencucian NO_3^- 36 % dipengaruhi oleh panjang liang vertikal kumulatif. Semakin besar panjang liang vertikal kumulatif yang terbentuk maka pencucian nitrat akan semakin besar. Namun semakin besar panjang liang vertikal kumulatif, volume air perkolasi yang tertampung tidak selalu besar, dan semakin besar volume air perkolasi yang tertampung, nitrat yang tercuci tidak selalu besar (Gambar 8).

(Volume air tertampung)



Gambar 8. Hubungan panjang liang vertikal kumulatif terhadap volume air perkolasi yang tertampung (a) konsentrasi pencucian NO₃⁻ (b)

4.1.5. Neraca N di dalam Tanah

Nitrogen adalah unsur esensial bagi tanaman. Keberadaannya paling banyak terdapat di udara akan tetapi jumlahnya sedikit di dalam tanah dan sering terjadi kehilangan. Hilangnya N dari dalam tanah disebabkan oleh adanya pencucian, volatilisasi, denitrifikasi, erosi, diserap tanaman dan digunakan oleh organisme tanah (Farikhah, 1999). Neraca N di dalam tanah diperoleh dengan cara jumlah N akhir tanah dan total N yang tercuci : jumlah N awal tanah maka dapat diestimasi jumlah N yang hilang karena faktor lain (volatilisasi, digunakan oleh organisme tanah ataupun yang masih berada dalam bentuk bahan organik maupun yang tercuci dalam bentuk NH₄⁺) (Tabel 1, Lampiran 2).

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa jumlah N akhir dalam tanah sekitar 58 % dan jumlah N yang hilang dari dalam tanah sekitar 42 % karena pengaruh perlakuan yang diberikan. Kehilangan N karena faktor lain sekitar 41 %. Sedangkan kehilangan N karena pencucian sekitar 1 %. Sejalan dengan hasil penelitian Pathak *et al.*, 2006 bahwa total N yang hilang pada lahan sawah karena aliran permukaan, perkolasi dan digunakan oleh tanaman sekitar 86 % dari total N di awal percobaan (120 kg ha⁻¹). Nitrogen yang hilang

karena perkolasi sekitar 22.85 kg ha^{-1} atau 20 % dari total N awal dan yang hilang karena aliran permukaan dan penguapan sekitar 30 %. Volatilisasi terjadi lebih cepat dan lebih besar pada tanah lempung berdebu daripada tanah bertekstur liat. Hal ini juga ditegaskan oleh hasil penelitian Poach *et al.*, 2006 bahwa volatilisasi amonia merupakan mekanisme yang dominan menyebabkan hilangnya N dari dalam tanah. Dari pemberian N sekitar 15 kg ha^{-1} telah terjadi kehilangan berkisar 54 – 79 % yang disebabkan oleh volatilisasi.

Tabel 1. Neraca N per *planar cage* dengan berbagai perlakuan

Perlakuan	N total awal (tanah dan perlakuan), g	N total akhir (tanah), g	N yang hilang karena tercuci, g	N yang hilang karena faktor lain, g
KO	4.13	2.31	0.05	1.77
KCC	4.13	2.48	0.05	1.60
UREA	4.21	2.81	0.07	1.33
KGD	4.36	2.31	0.06	1.99
KGDU	4.44	2.45	0.05	1.94

Ket : KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);
KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2);
UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik,
+ N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Didalam siklusnya N di dalam tanah mengalami mineralisasi, sedangkan bahan mineral mengalami imobilisasi. Nitrogen yang hilang ke atmosfer merupakan penyebab kehilangan N terbesar di dalam tanah. Nitrogen yang terdapat di dalam tanah akan habis terangkut dalam waktu yang sangat lama dan sebagian besar N yang tertinggal di dalam tanah sesudah tahun pertama bukan dalam bentuk nitrat tetapi dalam bentuk bahan organik. Sebagaimana halnya NO_3^- , NH_4^+ di dalam tanah juga mudah bergerak (*mobile*) melalui proses difusi maupun aliran massa. Pergerakan NH_4^+ , selain dipengaruhi oleh faktor-faktor pergerakan (aliran massa dan difusi) secara umum, juga ditentukan oleh besarnya hidrolisis urea (enzim urease, air tanah) dan faktor penentu nitrifikasi (pH, air tanah, aktivitas bakteri nitrifikasi) (Tillman dan Scoter, 1991 dalam Fauzi, 2003).

4.1.6. Pengaruh pemberian pupuk N-organik dan N-anorganik terhadap pertumbuhan cacing tanah

Pengaruh perlakuan pupuk N-organik dan N-anorganik terhadap pertumbuhan cacing tanah sebagai pendekatan ukuran pori ditunjukkan dari pengukuran kepadatan populasi (K), biomasa (B), nisbah B/K, panjang (P), diameter (D) cacing tanah pada 8 minggu setelah percobaan (MSP) (Tabel 2).

Tabel 2. Kepadatan populasi (K), biomasa (B), nisbah B/K, panjang (P), diameter (D) cacing tanah karena pengaruh penambahan pupuk N-organik (campuran kopi+*Gliricidia*+durian) dan pupuk N-anorganik (urea)

Perlakuan	K ekor cm ⁻²	B g cm ⁻²	B/K g cm ⁻²	P cm cm ⁻²	D mm cm ⁻²
KCC	4.0 a	0.23 a	0.06 a	4.73 a	0.19 a
UREA	4.3 a	0.31 ab	0.07 a	5.55 ab	0.21 b
KGD	4.5 a	0.45 b	0.10 a	6.20 b	0.24 c
KGDU	4.5 a	0.34 ab	0.08 a	5.15 ab	0.25 c

Ket : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$); Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($p > 0.05$); KCC = tanpa pupuk baik N-organik maupun N-anorganik (kontrol 2); UREA = + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + N-anorganik, + N-organik

4.1.6.a. Kepadatan populasi cacing tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan pupuk N organik dan anorganik tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$) terhadap kepadatan populasi cacing tanah (Lampiran 16). Namun berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan sedikit kecenderungan untuk meningkat (Tabel 2). Rata-rata populasi cacing tanah sebelum percobaan adalah 5 ekor/cm² dan setelah 8 minggu percobaan rata-rata populasi cacing tanah menurun menjadi 4 - 4.5 ekor/cm² (Lampiran 11).

4.1.6.b. Biomasa tubuh cacing tanah

Ukuran tubuh cacing tanah dapat dinyatakan dalam berat basah cacing. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan pupuk N-organik dan N-anorganik tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$) terhadap penambahan berat basah cacing tanah (Lampiran 16). Namun berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan sedikit kecenderungan untuk meningkat (Tabel 2). Rata-rata berat basah cacing tanah sebelum

percobaan sekitar 0.26 g/ekor dan setelah 8 minggu percobaan rata-rata berat basah cacing tanah meningkat menjadi sekitar 0.34 g/ekor. Rata-rata penambahan berat per individu cacing selama 8 minggu antara 0.02 - 0.20 g/ekor (Lampiran 11).

4.1.6.c. Nisbah B/K cacing tanah

Ukuran tubuh cacing tanah juga secara tidak langsung dapat ditunjukkan dari nilai nisbah B/K, semakin tinggi nilai B/K berarti semakin besar ukuran cacing tanah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan pupuk N-organik dan N-anorganik tidak berpengaruh nyata ($p>0.05$) terhadap nisbah B/K (Lampiran 16). Namun berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan sedikit kecenderungan untuk meningkat (Tabel 2). Rata-rata nisbah B/K cacing tanah sebelum percobaan sekitar 0.05 g/cm² dan setelah 8 minggu percobaan meningkat menjadi sekitar 0.08 g/cm² (Lampiran 11). Peningkatan nisbah B/K terjadi karena meningkatnya biomasa cacing tanah dan berkurangnya populasi cacing tanah pada 8 MSP.

4.1.6.d. Panjang cacing tanah

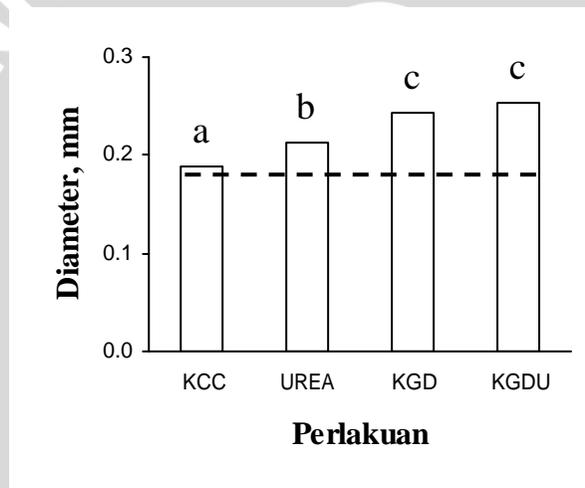
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan pupuk N-organik dan N-anorganik tidak berpengaruh nyata ($p>0.05$) terhadap penambahan panjang cacing tanah selama 8 minggu percobaan (Lampiran 16). Namun berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan sedikit kecenderungan untuk meningkat (Tabel 2). Rata-rata panjang tubuh cacing sebelum percobaan sekitar 5.16 cm/ekor dan setelah 8 minggu percobaan rata-rata panjang cacing tanah meningkat menjadi sekitar 5.46 cm/ekor. Rata-rata penambahan panjang per individu cacing selama 8 MSP antara 0.21 - 0.82 cm/ekor (Lampiran 11).

4.1.6.e. Diameter cacing tanah

Rata-rata diameter tubuh cacing sebelum percobaan sekitar 0.20 mm/ekor dan setelah 8 minggu percobaan meningkat menjadi sekitar 0.22 mm/ekor. Rata-rata penambahan diameter per individu cacing selama 8 MSP antara 0.01 - 0.05 mm/ekor (Lampiran 11). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian

pupuk N-organik dan N-anorganik berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap diameter tubuh cacing tanah pada 8 MSP (Lampiran 16).

Penambahan pupuk N-organik meningkatkan diameter cacing tanah sekitar 26 % dibandingkan tanpa pupuk (0.19 mm). Sedangkan penambahan pupuk N-anorganik meningkatkan diameter cacing 11 % dibandingkan tanpa pupuk (0.19 mm). Bila keduanya dikombinasikan, maka diameter cacing meningkat sebesar 32 % dari pada tanpa pupuk (0.19 mm). Pemberian pupuk N-organik dan kombinasinya dengan pupuk N-anorganik menghasilkan diameter cacing lebih besar dan nyata ($p < 0.05$) daripada hanya diberi pupuk N-anorganik saja, tetapi pemberian pupuk N-organik saja dan kombinasinya dengan pupuk N-anorganik menunjukkan hasil yang sama dengan rata-rata diameter 0.24 mm/ekor (Tabel 2, Gambar 9).



Gambar 9. Diameter tubuh cacing tanah 8 MSP (Ket : KCC = tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + N-anorganik, + N-organik)

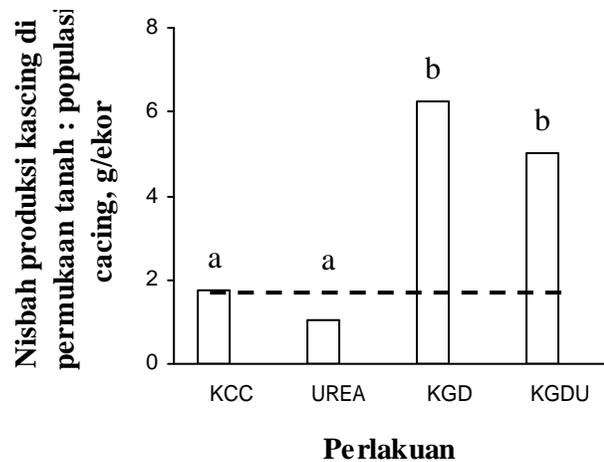
Pertumbuhan diameter cacing tanah pada pemberian pupuk N-organik lebih baik (14 %) daripada pemberian pupuk N-anorganik. Bahan organik tanah memainkan peranan penting di dalam tanah sebagai sumber nutrisi organik dan sumber energi bagi biota tanah (Swift and Woome, 1993). Campuran seresah kopi + *Glicidia* + durian merupakan seresah berkualitas sedang dengan kandungan (L+P)/N yang rendah yaitu < 10 sehingga cepat terdekomposisi dan menjadi sumber makanan yang disukai oleh cacing tanah.

4.1.7. Pengaruh pemberian pupuk N-organik dan N-anorganik terhadap produksi kascing

Kascing merupakan kotoran yang dikeluarkan oleh cacing tanah yang bermanfaat untuk menurunkan bobot isi tanah dan meningkatkan pori total (Priyadarshni, 1999). Cacing tanah membuang kascing di permukaan dan dalam tanah. Produksi kascing secara tidak langsung menggambarkan aktivitas cacing membuat pori, yang ditunjukkan dengan nisbah produksi kascing : populasi cacing (g/ekor). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan pupuk N (organik dan anorganik) berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap total produksi kascing (Lampiran 17). Rata - rata total produksi kascing selama 8 MSP berkisar antara 1.37 - 6.81 g/ekor (Lampiran 12).

Cacing *Pontoscolex corethururus* lebih banyak menumpuk kascing di permukaan tanah daripada di dalam tanah karena makanannya berupa seresah banyak terdapat di permukaan tanah sehingga akan lebih banyak menghasilkan pori makro vertikal daripada pori makro horizontal. Hasil analisis ragam terhadap produksi kascing di permukaan tanah menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0.01$) (Lampiran 17). Rata-rata berat basah kascing di permukaan tanah antara 1.0 - 6.3 g/ekor dan berat basah kascing di dalam tanah antara 0.2 - 0.6 g/ekor (Lampiran 12).

Penambahan pupuk N-organik mendorong kenaikan kascing tiga kali lipat dibandingkan tanpa pemberian pupuk (1.74 g/ekor). Sedangkan kombinasi pupuk N-organik dan pupuk N-anorganik meningkatkan sebesar dua kali lipat (1.74 g/ekor). Pemberian pupuk N-organik dan kombinasinya dengan pupuk N-anorganik menghasilkan produksi kascing lebih besar dan nyata ($p < 0.05$) daripada hanya diberi pupuk N-anorganik saja, tetapi pemberian pupuk N-organik saja dan kombinasinya dengan pupuk N-anorganik menunjukkan hasil yang sama dengan rata-rata produksi kascing 5.64 g/ekor (Gambar 10, Lampiran 12).



Gambar 10. Nisbah produksi kacing di permukaan tanah : populasi cacing dengan berbagai perlakuan selama 8 MSP (Ket : KCC = tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + N-anorganik, + N-organik)

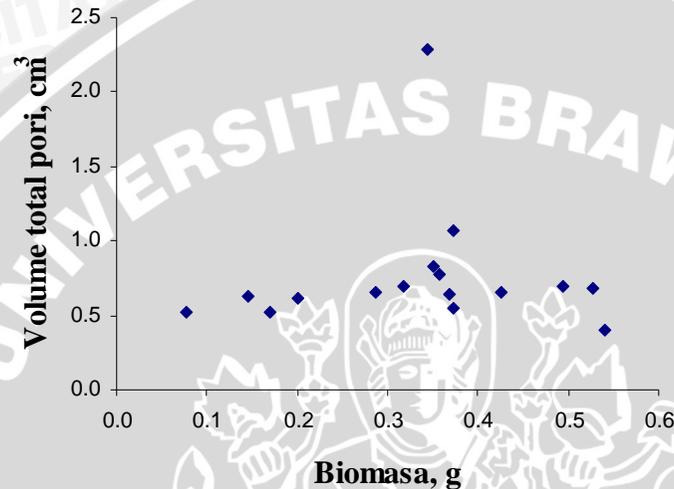
4.1.8. Hubungan Cacing Tanah Dengan Porositas Tanah

Adanya aktivitas *Pontoscolex corethrurus* berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap jumlah pori makro tanah, baik pori makro vertikal maupun horizontal dan pengaruhnya berbeda-beda antar waktu pengamatan (Lampiran 13). Semakin tinggi jumlah pori makro pada bidang irisan vertikal maka semakin cepat pergerakan air di dalam profil tanah (Hillel, 1982). Ukuran tubuh dan aktivitas cacing tanah dapat merubah kondisi atau sifat tanah. Setiap pergerakannya dalam mencari makanan dan meletakkan kacing akan meninggalkan lubang-lubang yang dapat meningkatkan porositas, ukuran pori, dan variabilitas porositas tanah (Knight *et al.*, 1992 dalam Edwards; 1998). Ukuran lubang tersebut diduga besarnya sama seperti ukuran tubuh cacing (Suhara, 2003).

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran terhadap diameter pori tanah sehingga untuk memperoleh porositas tanah (volume total pori tanah) didasarkan pada asumsi bahwa penampang pori tanah homogen dan diameter cacing tanah minimal sama dengan diameter pori. Dengan demikian volume total pori tanah dapat diestimasi dengan perhitungan sebagai berikut:

- Total panjang liang (panjang liang vertikal dan horizontal) selama 8 minggu percobaan x luas penampang liang (πr^2).
- Nilai r pada luas penampang liang merupakan 1/2 dari diameter tubuh cacing tanah (Lampiran 8d).

Hasil dari estimasi disajikan dalam Gambar 11, dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa volume total pori tidak berhubungan dengan biomasa cacing tanah.



Gambar 11. Hubungan biomasa cacing tanah dengan volume total pori

4.2. Pembahasan Umum

Cacing merupakan makrofauna aktif yang tinggal di dalam tanah yang mempengaruhi kondisi atau sifat tanah melalui perbaikan struktur dan kesuburan tanah yang dapat mempercepat perkembangan akar di dalam tanah. Setiap pergerakannya dalam mencari makanan dan meletakkan kasing akan meninggalkan lubang-lubang atau biopori yang dapat menambah ruang pori dalam tanah. Selain itu peningkatan pembentukan biopori dapat memperluas ruangan yang dapat dihuni oleh biodiversitas tanah. Biopori yang dibentuk oleh cacing meningkatkan pori makro horizontal dan vertikal yang meningkatkan porositas tanah (Lampiran 8). Porositas (jumlah pori) yang terbentuk dipengaruhi oleh ketersediaan pakan dan penggunaan *planar cage* sebagai tempat tinggal cacing. Penggunaan *planar cage* membatasi pergerakan cacing tanah untuk mencari makanan tetapi dengan suplai makanan yang sedikit aktivitas cacing tanah terus meningkat dalam membuat biopori.

Pada kondisi lapangan, hasil penelitian Hairiah *et al.*, 2004 menunjukkan bahwa alih guna lahan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi menurunkan ketebalan seresah di permukaan tanah. Turunnya ketebalan seresah tidak mempengaruhi kerapatan populasi cacing tanah grup *ecosystem engineer* tetapi menyebabkan penurunan jumlah pori makro tanah. Dalam kaitannya dengan prinsip ekologi bahwa ketersediaan makanan dalam suatu ekosistem mempengaruhi kepadatan populasi. Apabila jumlahnya berlimpah maka populasi akan meningkat namun jika ketersediaan makanan menurun maka diversitas dan populasi akan menurun karena sebagian dari populasi hilang (Dobbs, *et al.*, 2007).

Meningkatnya porositas tanah dapat meningkatkan infiltrasi dan perkolasi sehingga mengurangi aliran permukaan (Hairiah *et al.*, 2004). Tingkat kepadatan populasi dan ukuran cacing tanah dapat mempengaruhi porositas tanah. Semakin besar ukuran tubuh maka ukuran lubang-lubang yang dihasilkan selama pergerakannya juga semakin tinggi dan perkolasi meningkat. Meningkatnya ukuran tubuh cacing tanah dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik sebagai sumber energi dan nutrisi organik bagi biota tanah (Lampiran 11).

Cacing *Pontoscolex corethrurus* lebih banyak menghasilkan pori makro vertikal daripada pori makro horizontal. Aktivitas cacing dalam membuat pori makro vertikal dapat mempengaruhi kecepatan infiltrasi dan perkolasi air di dalam tanah. Perkolasi yang tinggi bisa memberikan pengaruh positif dan negatif bagi lingkungan. Dampak positif dari perkolasi yang tinggi adalah bila dikaitkan dengan semakin tingginya jumlah air yang bisa dijadikan air tanah. Sedangkan dampak negatif bila dikaitkan dengan pencucian hara terutama nitrat (Lampiran 21).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Aktivitas cacing tanah memperbaiki biopori dan meningkatkan jumlah ruang pori makro melalui lubang-lubang vertikal dan horizontal. Ketersediaan pakan yang rendah menyebabkan cacing tanah lebih banyak bergerak sehingga meninggalkan banyak liang (pori makro). Total pori makro paling tinggi apabila ditambahkan pupuk N-anorganik (67 %) daripada kombinasinya dengan pupuk N-organik maupun pupuk N-organik saja. Selain jumlah total pori, penambahan pupuk N-anorganik meningkatkan pori makro vertikal lebih tinggi (83 %).
2. Peningkatan porositas tanah tidak diikuti dengan peningkatan jumlah air perkolasi. Pencucian NO_3^- tidak hanya ditentukan oleh porositas saja ($R^2 = 0.36$), tetapi ada faktor lain yang berpengaruh seperti ketersediaan NO_3^- (dipengaruhi oleh sumber masukan N di dalam tanah), aktivitas mikroorganisme, dan bahan organik tanah. Pencucian NO_3^- lebih besar (42 %) pada pori makro vertikal tinggi (83 %) yang terbentuk karena pengaruh perlakuan pupuk N-anorganik daripada kombinasinya dengan pupuk N-organik dan pupuk N-organik saja (dengan konsentrasi NO_3^- 181 mg L^{-1} dengan porositas 281 cm).
3. Peningkatan porositas (volume total pori) tidak berhubungan dengan biomasa cacing tanah.

5.2. Saran

- o Hasil penelitian yang diperoleh bahwa cacing tanah masih bisa hidup dan aktivitasnya meningkat tanpa penambahan seresah. Namun belum diketahui pengaruhnya pada tanah yang kandungan unsur haranya rendah, sehingga perlu ada penelitian lebih lanjut pada tanah miskin dengan waktu masa percobaan yang lebih pendek.
- o Hasil penelitian yang diperoleh bahwa peningkatan porositas tidak berhubungan dengan biomasa cacing tanah. Perhitungan volume total pori tidak 100 % benar

karena tidak dilakukan pengukuran diameter pori tetapi menggunakan asumsi bahwa diameter cacing sama dengan diameter pori tanah sehingga perlu ada penelitian lebih lanjut yang mengukur diameter pori.

- o Perlu dilakukan pengukuran terhadap faktor lain yang mempengaruhi pencucian NO_3^- di dalam tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- Buringh, P. 1970. Volcanic Ash Soil on The Tropic and Sub Tropics. Agric. University Wogeningen The Netherland. Departement of Tropical Soil Sciences.
- Dobbs, R.C. Sillett T.C. Rodenhouse, N.L., and Holmes, R.T. 2007. Population Density Affects Foraging Behavior of Male Black-Throated Blue Warblers During The Breeding Season. *J. Field Ornithol.* 78(2):133–139.
- Dominguez, J., Bohlen, P. J., and Parmelee, R.W. 2004. Earthworm Increase Nitrogen Leaching to Greater Soil Depths in Row Crop Agroecosystems. *Ecosystems* 7: 672 - 685.
- Edwards, A.C. 1998. Earthworm Ecology. St.Lucie Press. New York.
- Farikhah, V. 1999. Peranan Akar Tanaman Pagar (*Glicidia sepium* dan *Pelthoporum dasyrachis*) Sebagai “Jaring Penyelamat Hara” Dalam sistem Budidaya Pagar Pada Ultisol Lampung. Skripsi. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Fauzi, M. 2003. Pergerakan Unsur Hara Nitrogen Dalam Tanah. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unversitas Sumatera Utara.
- Hairiah, K., Widiyanto., Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo., Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M., dan G.Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi : Refleksi Pengalaman Dari Lampung. SMT Grafika Desa Putera. Jakarta.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Widiyanto., Berlian., Suhara, E., Mardiasuning, A., Widodo, R.H., Prayogo, C., dan Rahayu, S. 2004. Alih Guna Lahan Hutan menjadi Lahan Agroforestri Berbasis Kopi : Ketebalan Seresah, Populasi Cacing Tanah dan Makroporositas Tanah. *Jurnal. Agrivita.* 26 (1) : 68-80.
- Hairiah, K dan Handayanto, E. 2007. Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. Adipura. Yogyakarta.
- Hakim, N. Nyakpa, M. Y. Lubis, A.M. Nugrogo, S. G. Diha, M. A. Hong, G. B. Balley, H.H. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press Inc. London.
- Horner, J. D., Gosz, J. T., and Cates, R. G. 1988. The Role of Carbon-Based Plant Secondary Metabolites in Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *American Naturalist* 132. 869-883.
- Kurniawan, S. 2007. Nitrifikasi Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi : Pengaturan Kualitas Makanan Bahan Organik Untuk Menghambat Proses Nitrifikasi dan Mengurangi Pencucian $N-NO_3^-$. Tesis Universitas Brawijaya. Malang.

- Ladd, J. N., Oades, J. M. and Amato, M. 1985. Decomposition of Plant Materials in Australia Soils: I. The Effect of Quality Added on Decomposition Rates of Residual Biomass. *Australian Journal Of Soil Research* 23: 603-611.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M and Parker, J. 2000. *Biologi of Microorganisms*. Ninth Edition. Upper Saddle River. New Jersey. 991 P.
- Muller, J.C., D. Dennys, G. Morlet, and A. Mariotti. 1989. Influence of Catch Crops on Mineral Nitrogen Leaching and its Subsequent Plant Use. Management Systems to Reduce Impact of Nitrate. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Noordwijk, M. 1989. Nitrogen Management Under High Rainfall Condition For Shallow Rooted Crops: Principles and Hypotheses. *Agrivita* 15 (1).
- Novizan, IR. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nursyamsi, D., Sulaeman, Suryadi M.E., dan Berelaka F.G. 2001. Kandungan Beberapa Ion di Dalam Sumber Air di Sub Brantas Citarik dan DAS Kaligarang. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor.
- Palm, C.A. and Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen Release From Leaves of Some Tropical Legums as Affcted by Their Lignin and Polyphenol Contents. *Soil Biology & Biochemistry* 23: 83 – 88.
- Pathak, B.K., Iida, T., Kazama, F., and Jaisi, D.P. 2006. Proc. Int. Riversymposium., 9th, Brisbane. 4-7 September. 2006. Nitrogen Contribution to The River Basin From Tropical Paddy Field in The Central Thailand., Fac ., Agric., Yamagata Univ., Department of Ecosocial Systems Engineering, University of Yamanashi, Yamagata, Japan.
- Poach, M. E., Hunt, P. G., Reddy, G. B., Stone, K. C., Matheny, T. A., Johnson, M. H. and Sadler, E. J. 2004. Ammonia Volatilization from Marsh-Pond-Marsh Constructed Wetlands Treating Swine Wastewater. Published in *J. Environ. Qual.* 33:844-851.
- Priyadarshini, R. 1999. Estimasi Model (C-Stock) Masukan Bahan Organik dan Hubungannya Dengan Populasi Cacing Tanah Pada Sistem Wanatani. Tesis Universitas Brawijaya. Malang.
- Purwanto. 2007. Peningkatan Efisiensi Pemupukan Nitrogen Dengan Penghambat Nitrifikasi Dari Berbagai Tumbuhan Yang Mengandung Tanin. Fakultas Pertanian UNS.
- Setyaningsih, H. 2008. Respon Cacing Penggali Tanah *Pontoscolex corethrurus* Terhadap Berbagai Kualitas Seresah. Skripsi Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Soil Survey Staff. 1998. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 1999 Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat., Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Stevenson, F. J. 1986. Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons, New York. 380 p.
- Subowo, Subagja, J. dan Sudjadi, M. 1990. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Pencucian Hara Tanah Ultisol Rangkasbitung, Jawa Barat. *Pembritaian Penelitian Tanah dan Pupuk* 9: 26-32.
- Sudjadi, M. 1984. Problem Soil in Indonesia and Their Management. Centre for Soil Research, Ministry of Agriculture, Bogor.
- Suhara, E. 2003. Hubungan Populasi Cacing Tanah Dengan Porositas Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi. Skripsi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Malang.
- Swift, M. J. and Woome, P. 1993. Organic Matter and The Sustainability of Agricultural System Definition and Measurement. Dalam : Soil Organic Matter Dynamic and Sustainability of Tropical Agriculture. Mulongoy, K. and Merck, R. (eds) 11 TA/KU. Leuven. A wiley – Sayce Co – Publication: 3 – 18.
- Tan, K.H. 1982. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker. Inc. New York and Basel.
- Wahyuni, N. 2004. Uji Simulasi Wanucelas (Water, Nutrient, and Light Capture in Agroforestry System) Terhadap Kandungan N Mineral Tanah Pada Beberapa Sistem Agroforestri di Lampung Utara. Skripsi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Malang.
- Young, A. 1989. Agroforestry for Soil Conservation. CAB International, Walingford. Pp 218.
- Zachmann, J.E. Linden, D.R. Clapp, C.E. 1987. Macroporous Infiltration and Redistribution as Affected by Earthworms, Tillage, and Residue. *Soil Sci Am J* 51 : 1580 – 6.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kebutuhan Tanah, Seresah dan Urea Per *Planar cage*

(a). Kebutuhan tanah yang diberikan per *planar cage*

Dik: Panjang *planar cage* = 45 cm

Lebar *planar cage* = 27.47 cm

Tebal *planar cage* = 1.254 cm

Dit: Massa tanah & Volume tanah ?

Jawab: Volume tanah dalam *planar cage* = P x L x T

$$= 45 \text{ cm} \times 27.47 \text{ cm} \times 1.254 \text{ cm}$$

$$= 1550 \text{ cm}^3$$

Massa Padatan = BI x Volume tanah

$$= 1.067 \text{ g cm}^{-3} \times 1550 \text{ cm}^3$$

$$= 1653.85 \text{ g}$$

Berat kering udara (BKU) = BKO + (BKO x KA)

$$= 1653.85 + \left(1653.85 \times \frac{11.65}{100}\right)$$

$$= 1846.5 \text{ g}$$

(b). Konversi kebutuhan pupuk urea lahan pertanian dengan di *planar cage*.

- Pupuk urea { $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ } yang diberikan petani ke lahannya sebanyak 200 kg Ha^{-1} atau $20 \times 10^4 \text{ g} / 10^4 \text{ m}^2$ atau 20 g m^{-2} .

Keb. Pupuk urea per ha = Keb. Pupuk per *planar cage*

Berat tanah kedalaman 20 cm Berat tanah per *planar cage*

$$\frac{200 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} = \frac{?}{1.846.500}$$

$$2.200.000 \text{ kg} \quad 1.846.500$$

Maka kebutuhan pupuk urea tiap *planar cage* 0.17 g

(c). Konversi kebutuhan seresah lahan pertanian dengan di *planar cage*

Seresah Kopi + *Gliricidia* + Durian yang diberikan petani ke lahannya dengan perbandingan 1:1:1 sebanyak 8 ton Ha^{-1} atau $8 \times 10^3 \text{ kg}/10^4 \text{ m}^2$ atau 800 g m^{-2} .

Keb. seresah per ha = Keb. seresah per *planar cage*

Berat tanah kedalaman 20 cm Berat tanah per *planar cage*

8000 kg = ?

2.200.000 kg 1.846.500

Maka kebutuhan seresah tiap *planar cage* 6.71 g

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 2. Jumlah N yang ada dalam Tanah dan yang di tambahkan dari Pemberian Seresah dan Urea

(a). Jumlah N yang ada dalam tanah

Berat kering oven tanah dalam setiap *planar cage* 1653.85 g, dengan kandungan N total dalam tanah 0.25 %.

$$\begin{aligned} &\text{Kandungan N total tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.25}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total yang ada di dalam tanah 4.13 g

(b). Jumlah N yang ditambahkan dari pemberian campuran seresah kopi + *Gliricidia* + durian

Kebutuhan campuran seresah kopi + *Gliricidia* + durian tiap *planar cage* 6.71 g, dengan kandungan N dalam campuran seresah 3.5 %.

$$\begin{aligned} &\text{Kandungan N campuran seresah} \times \text{Kebutuhan campuran seresah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{3.5}{100} \times 6.71 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N yang ditambahkan dari pemberian seresah 0.23 g

(c). Jumlah N yang ditambahkan dari pemberian urea

Kebutuhan urea tiap *planar cage* 0.17 g, dengan kandungan N dalam urea 46 %.

$$\begin{aligned} &\text{Kandungan N urea} \times \text{Kebutuhan urea dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{46}{100} \times 0.17 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N yang ditambahkan dari pemberian urea 0.08 g

Lampiran 3. Total N yang Tercuci (g) Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

(a). Perlakuan KO = konsentrasi NO_3^- 174.16 mg L⁻¹

$$\begin{aligned} N &= \frac{BA\ N}{BM\ \text{NO}_3^-} \times \text{konsentrasi } \text{NO}_3^- \times \text{Vol air tertampung} \\ &= \frac{14}{62} \times 174.16\ \text{mg L}^{-1} \times 1.3\ \text{L} \\ &= 51.12\ \text{mg} = 0.05\ \text{g} \end{aligned}$$

Maka total N yang tercuci 0.05 g

(b). Perlakuan KCC = konsentrasi NO_3^- 190.51 mg L⁻¹

$$\begin{aligned} N &= \frac{14}{62} \times 190.51\ \text{mg L}^{-1} \times 1.2\ \text{L} \\ &= 51.52\ \text{mg} = 0.05\ \text{g} \end{aligned}$$

Maka total N yang tercuci 0.05 g

(c). Perlakuan UREA = konsentrasi NO_3^- 256.32 mg L⁻¹

$$\begin{aligned} N &= \frac{14}{62} \times 256.32\ \text{mg L}^{-1} \times 1.3\ \text{L} \\ &= 75.24\ \text{mg} = 0.07\ \text{g} \end{aligned}$$

Maka total N yang tercuci 0.07 g

(d). Perlakuan KGD = konsentrasi NO_3^- 178.00 mg L⁻¹

$$\begin{aligned} N &= \frac{14}{62} \times 178.00\ \text{mg L}^{-1} \times 1.6\ \text{L} \\ &= 64.71\ \text{mg} = 0.06\ \text{g} \end{aligned}$$

Maka total N yang tercuci 0.06 g

(e). Perlakuan KGDU = konsentrasi NO_3^- 183.49 mg L⁻¹

$$\begin{aligned} N &= \frac{14}{62} \times 183.49\ \text{mg L}^{-1} \times 1.3\ \text{L} \\ &= 53.86\ \text{mg} = 0.05\ \text{g} \end{aligned}$$

Maka total N yang tercuci 0.05 g

Lampiran 4. Gambar Cara Kerja Percobaan



Tanah andisol ditimbang sebanyak 1846,5 g. Campuran Seresah Kopi:*Gliricidia*:Durian perbandingan 1:1:1 ditimbang sebanyak 6.17 g dan urea sebanyak 0.17 g



Tanah dimasukkan ke dalam *planar cage* dengan bantuan kertas sambil dengan ditepuk-tepuk hingga mencapai ketinggian 45 cm



Perendaman *planar cage* dalam bak dan penyiraman dari atas hingga kapasitas lapang



Inkubasi selama 3 hari. *Planar cage* ditutup dengan kain hitam



Pengukuran panjang, biomassa dan diameter cacing *Pontoscolex corethrurus*



Penggambaran dan pengukuran panjang liang dengan planimeter

Pengukuran volume leachete

Lampiran 5. Gambar Penciri Tubuh *Pontoscolex corethrurus* dan Pori Makro yang dihasilkan Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

(a). Penciri tubuh *Pontoscolex corethrurus*



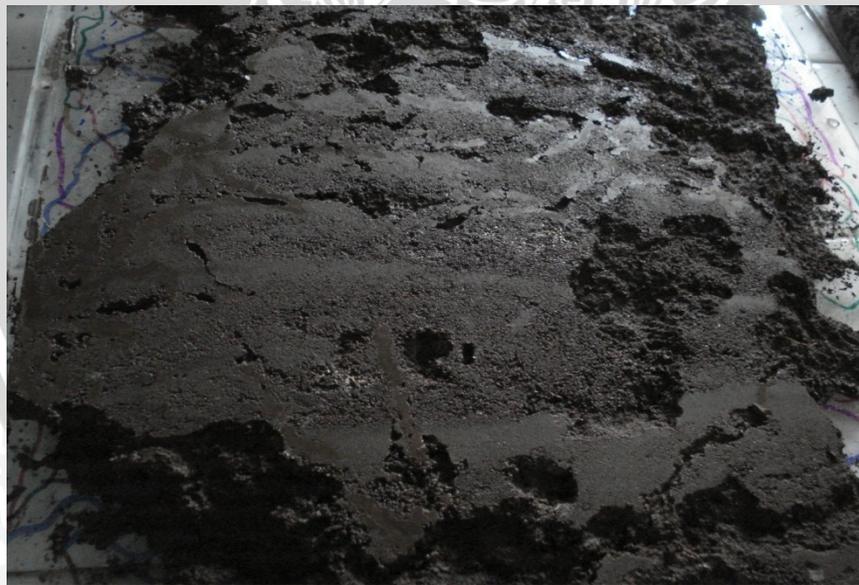
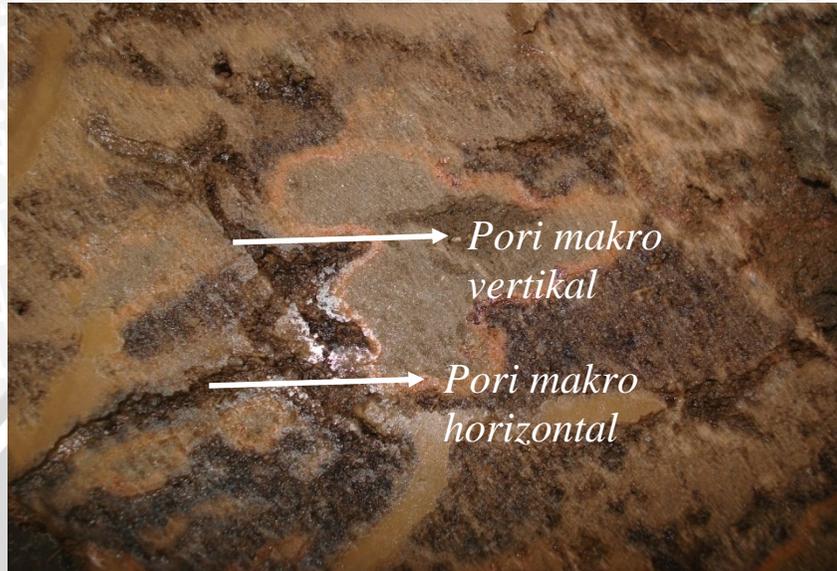
Kepala (Prostomium)



Ekor (Brushy tail)

Sumber Fakhrush

(b) Pori makro vertikal dan horizontal yang dihasilkan selama 8 MSP



Lampiran 6. Hasil Analisis Dasar Tanah Andisol

Analisis Awal

Jenis Analisis	Satuan %	Nilai	Kriteria*)
Kadar Air	%	11.65	-
pH	-	6.13	agak masam
Total C	%	1.74	rendah
Total N	%	0.25	sedang
Tekstur	-		lempung
NO ₃ ⁻	mg/kg	18.85	-

Analisis Akhir

Perlakuan	N total akhir tanah (%)	N total akhir tanah (g)	Kriteria*)
KO	0.14	2.31	rendah
KCC	0.15	2.48	rendah
UREA	0.17	2.81	rendah
KGD	0.14	2.31	rendah
KGDU	0.16	2.45	rendah

Ket : * Kriteria penilaian sifat tanah berdasar Staf Pusat Penelitian Tanah, 1983

KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);
 KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing,
 + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik;
 KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Perhitungan Konversi N Total Akhir Tanah (g)**(a). Perlakuan KO**

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan N total akhir tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.14}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total akhir tanah 2.31 g

(b). Perlakuan KCC

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan N total akhir tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.15}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total akhir tanah 2.48 g

(c). Perlakuan UREA

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan N total akhir tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.17}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total akhir tanah 2.81 g

(d). Perlakuan KGD

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan N total akhir tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.14}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total akhir tanah 2.31 g

(e). Perlakuan KGDU

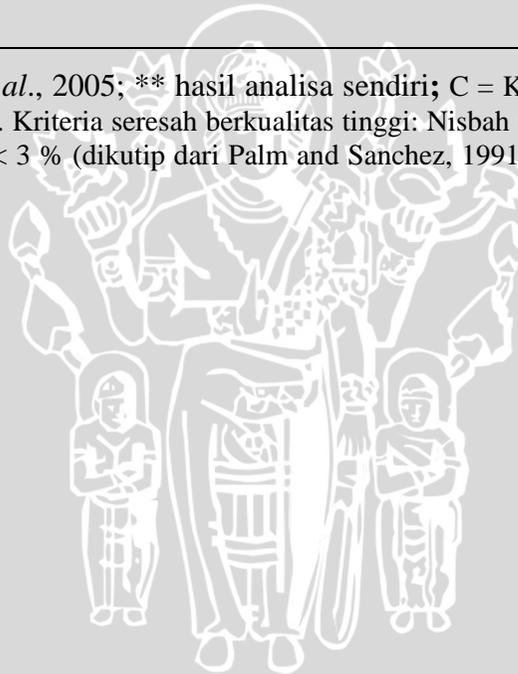
$$\begin{aligned} & \text{Kandungan N total akhir tanah} \times \text{BKO tanah dalam } \textit{planar cage} \\ &= \frac{0.14}{100} \times 1653.85 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka jumlah N total akhir tanah 2.31 g

Lampiran 7. Hasil Analisis Kualitas Campuran Seresah Kopi + *Gliricidia* + Durian

No	Spesies	Kualitas Seresah					
		(L %)	(P %)	(C %)	(N %)	C/N	L+P/N
1	Durian* (<i>Durio zibhetinus</i>)	25.3	2.3	35.3	1.75	20	15.8
2	Gamal* (<i>Gliricidia sepium</i>)	32	1.1	52.9	3.2	17	10.35
3	Kopi* (<i>Coffea robusta</i>)	13.52	6.2	29.83	2.64	11	7.45
4	Campuran Seresah Kopi + <i>Gliricidia</i> + Durian **	23.5	3.16	28.81	3.5	8.23	7.62

Ket: * dikutip dari Hairiah *et al.*, 2005; ** hasil analisa sendiri; C = Karbon, N = Nitrogen, P = Polifenol, L = Lignin. Kriteria seresah berkualitas tinggi: Nisbah C/N < 25, kandungan lignin < 15 %, polifenol < 3 % (dikutip dari Palm and Sanchez, 1991 dalam Hairiah *et al.*, 2004)



Lampiran 8. Porositas yang dibentuk Cacing Tanah Selama Masa Percobaan

Lampiran 8a. Rata-rata total pori makro dan peningkatannya selama masa percobaan

A). Rata-rata total pori makro (cm)

Perlakuan	Rata-rata total pori makro, cm					
	Minggu ke-					Total, cm/ekor
	1	2	4	6	8	
KCC	228.25	421.25	636.75	484.5	276.5	531.69
UREA	236	360.75	458.75	495	428.25	468.48
KGD	204.375	125.5	231.75	345.25	430.05	298.56
KGDU	160.925	75.75	148.25	385.25	378	262.95

B). Peningkatan total pori makro (cm)

Perlakuan	Peningkatan total pori makro, cm				
	Minggu ke-				Rerata, cm/hari
	2	4	6	8	
KCC	193	215.5	152.25	208	9.49
UREA	124.75	98	91.75	83.75	8.36
KGD	78.875	106.25	113.5	104.2	5.33
KGDU	85.175	72.5	237	77.75	4.69

Lampiran 8b. Rata-rata pori makro vertikal dan peningkatannya selama masa percobaan

(A). Rata-rata pori makro vertikal (cm)

Perlakuan	Rata-rata pori makro vertikal, cm					
	Minggu ke-					Total, cm/ekor
	1	2	4	6	8	
KCC	115.25	298	419.75	399	195.5	367.94
UREA	163.25	249.5	318	382	306.75	335.19
KGD	97.625	72.25	166.5	222.75	317.25	196.36
KGDU	61.5	54.5	78.25	295	252.5	170.59

(B). Peningkatan pori makro vertikal (cm)

Perlakuan	Peningkatan pori makro vertikal, cm				
	Minggu ke-				
	2	4	6	8	Rerata cm/hari
KCC	182.75	121.75	20.75	203.5	6.57
UREA	86.25	68.5	64	75.25	6.14
KGD	25.375	94.25	56.25	94.5	3.51
KGDU	7	23.75	216.75	42.5	3.05

Lampiran 8c. Rata-Rata pori makro horizontal dan peningkatannya selama masa percobaan

(A). Rata-rata pori makro horizontal (cm)

Perlakuan	Rata-rata pori makro horizontal, cm					
	Minggu ke-					
	1	2	4	6	8	Total, cm/ekor
KCC	113	123.25	217	85.5	81	163.75
UREA	72.75	111.25	140.75	113	121.5	133.29
KGD	106.75	53.25	65.25	122.5	112.8	102.20
KGDU	99.425	21.25	70	90.25	125.5	92.36

(B). Peningkatan pori makro horizontal (cm)

Perlakuan	Peningkatan pori makro horizontal, cm				
	Minggu ke-				
	2	4	6	8	Rerata cm/hari
KCC	10.25	93.75	131.5	4.5	2.96
UREA	38.5	29.5	27.75	8.5	2.38
KGD	53.5	12	57.25	9.7	1.83
KGDU	78.175	48.75	20.25	35.25	1.65

Lampiran 8d. Rata-Rata Volume Total Pori 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

Perlakuan	Rata-Rata Volume Total Pori, cm ³
KCC	0.62
UREA	0.59
KGD	0.70
KGDU	1.15

Ket : KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik



Perhitungan Volume Total Pori (cm³)**(a). Perlakuan KCC**

$$\begin{aligned} & \text{Total Panjang Liang} \times \text{Luas Penampang Pori } (\pi r^2) \\ & = 2054.8 \times 3.14 \times 0.0001 \end{aligned}$$

$$\text{Maka volume total pori tanah } 0.62 \text{ cm}^3$$

(b). Perlakuan UREA

$$\begin{aligned} & \text{Total Panjang Liang} \times \text{Luas Penampang Pori } (\pi r^2) \\ & = 1978.8 \times 3.14 \times 0.0001 \end{aligned}$$

$$\text{Maka volume total pori tanah } 0.59 \text{ cm}^3$$

(c). Perlakuan KGD

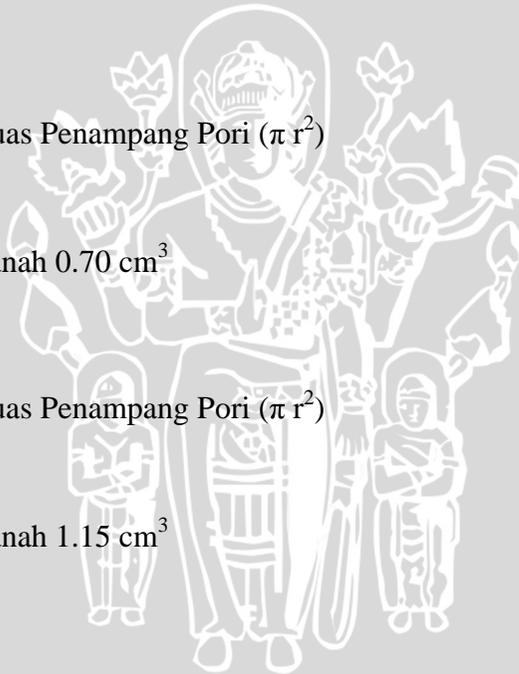
$$\begin{aligned} & \text{Total Panjang Liang} \times \text{Luas Penampang Pori } (\pi r^2) \\ & = 1336.9 \times 3.14 \times 0.0002 \end{aligned}$$

$$\text{Maka volume total pori tanah } 0.70 \text{ cm}^3$$

(d). Perlakuan KGDU

$$\begin{aligned} & \text{Total Panjang Liang} \times \text{Luas Penampang Pori } (\pi r^2) \\ & = 2862 \times 3.14 \times 0.0002 \end{aligned}$$

$$\text{Maka volume total pori tanah } 1.15 \text{ cm}^3$$



Lampiran 9. Rata-Rata Volume Air Tertampung Selama Masa Percobaan

Perlakuan	Rata-Rata Volume Air Tertampung, ml								
	Minggu ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
KO	140	261	157	157	158	191	174	113	1351
KCC	127	241	154	146	142	182	155	86	1233
UREA	177	242	151	130	139	185	152	84	1260
KGD	123	292	198	193	195	232	205	130	1568
KGDU	132	246	152	148	149	196	165	101	1289

Ket : KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);
 KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2);
 UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik,
 + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik



Lampiran 10. Rata-rata Konsentrasi Pencucian Nitrat Selama Masa Percobaan

Perlakuan	Rata-rata konsentrasi pencucian nitrat, mg L ⁻¹				
	Minggu ke-				Total
	2	4	6	8	
KO	88.74	31.19	28.39	25.84	174.16
KCC	89.85	37.78	33.33	29.63	190.51
UREA	137.79	42.37	39.49	36.23	256.32
KGD	104.25	26.83	24.98	21.94	178.00
KGDU	105.49	28.34	26.75	22.91	183.49

Ket : KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);
 KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2);
 UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik,
 + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik



Lampiran 11. Rata-Rata Pertumbuhan Cacing Tanah 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

Lampiran 11a. Rata-rata kepadatan populasi cacing tanah 8 MSP

Perlakuan	Kepadatan Populasi Cacing Tanah (ekor cm ⁻²)	
	0	8
KCC	4.0	4.0
UREA	4.3	4.3
KGD	4.5	4.5
KGDU	4.5	4.5

Lampiran 11b. Rata-rata panjang cacing tanah dan peningkatannya 8 MSP

(A). Rata-rata panjang cacing tanah per ekor (cm)

Perlakuan	Rata-rata panjang cacing tanah per ekor, cm	
	Minggu ke-	
	0	8
KCC	4.48	4.73
UREA	4.82	5.55
KGD	5.99	6.20
KGDU	4.33	5.15

(B). Peningkatan panjang cacing tanah per ekor (cm)

Perlakuan	Peningkatan panjang cacing tanah per ekor, cm	
	Minggu ke-	
	8	Rerata, cm/hari
KCC	- 0.25	- 0.0004
UREA	0.73	0.01
KGD	0.21	0.003
KGDU	0.82	0.01

Lampiran 11c. Rata-rata biomasa cacing tanah dan peningkatannya 8 MSP

(A). Rata-rata biomasa cacing tanah per ekor (g)

Perlakuan	Rata-rata biomasa cacing tanah per ekor, g	
	Minggu ke-	
	0	8
KCC	0.21	0.23
UREA	0.34	0.31
KGD	0.25	0.45
KGDU	0.19	0.34

(B). Peningkatan biomasa cacing tanah per ekor (g)

Perlakuan	Peningkatan biomasa cacing tanah per ekor, g	
	Minggu ke-	
	8	Rerata, g/hari
KCC	0.02	0.0004
UREA	-0.03	-0.0005
KGD	0.2	0.004
KGDU	0.15	0.003

Lampiran 11 d. Rata-rata diameter cacing tanah dan peningkatannya 8 MSP

(A). Rata-rata diameter cacing tanah per ekor (mm)

Perlakuan	Rata-rata diameter cacing tanah per ekor, mm	
	Minggu ke-	
	0	8
KCC	0.22	0.19
UREA	0.20	0.21
KGD	0.19	0.24
KGDU	0.21	0.25

(B). Peningkatan diameter cacing tanah per ekor (mm)

Perlakuan	Peningkatan diameter cacing tanah per ekor, mm	
	8	Rerata, mm/hari
KCC	- 0.03	- 0.0005
UREA	0.01	0.0002
KGD	0.05	0.0009
KGDU	0.04	0.0007

Lampiran 11 e. Rata-Rata nisbah B/K cacing tanah

Perlakuan	Nisbah (B/K) Cacing tanah (g/cm ²)
KCC	0.06
UREA	0.07
KGD	0.10
KGDU	0.08

Ket : KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2);
 UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik,
 + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Lampiran 12. Rata-Rata Produksi Kascing Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

Perlakuan	Total Produksi kascing basah (g)	Kascing atas basah (g)	Kascing dalam basah (g)	Total Produksi kascing kering (g)	Kascing atas kering (g)	Kascing dalam kering (g)
KCC	1.95	1.74	0.21	1.25	1.11	0.14
UREA	1.37	1.02	0.35	0.88	0.65	0.24
KGD	6.81	6.25	0.56	4.24	3.86	0.37
KGDU	5.44	5.04	0.40	3.38	3.11	0.27

Ket : KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik



Lampiran 13. Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Porositas yang dibentuk Cacing Tanah Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Total pori makro

Sumber keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan (P)	3	477095	159032	18.22**	2.76	4.13
Waktu (T)	4	557475	139369	15.96**		
P*T	12	586548	48879	5.60**		
Galat	57	497642	8731			
Total	79	2141343				

b). Pori makro horizontal

Sumber keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan (P)	3	22111.90	7370.63	5.56**	2.76	4.13
Waktu (T)	4	18360.51	4590.13	3.46**		
P*T	12	79447.59	6620.63	4.99**		
Galat	60	79518.47	1325.31			
Total	79	199438.47				

c). Pori makro vertikal

Sumber keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan (P)	3	309301.91	103100.64	19.51**	2.76	4.13
Waktu (T)	4	459902.26	114975.57	21.77**		
P*T	12	291876.14	24323.01	4.61**		
Galat	60	316908.69	5281.81			
Total	79	1377988.997				

d). Volume total pori

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	.806	.269	1.614 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	1.999	.167			
Total	15	2.805				

Ket : * = berbeda nyata pada taraf 5 % dan disebut berpengaruh nyata

** = berbeda nyata pada taraf 1% dan disebut berpengaruh sangat nyata

**Lampiran 14. Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Volume Air Tertampung
Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)**

Sumber keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan (P)	4	36385.913	9096.478	57.940**	2.45	3.48
Waktu (T)	7	280649.623	40092.803	255.369**		
P*T	28	21751.962	776.856	4.948**		
Galat	120	18839.937	156.999			
Total	160	4841771.250				

Ket : * = berbeda nyata pada taraf 5 % dan disebut berpengaruh nyata

** = berbeda nyata pada taraf 1% dan disebut berpengaruh sangat nyata

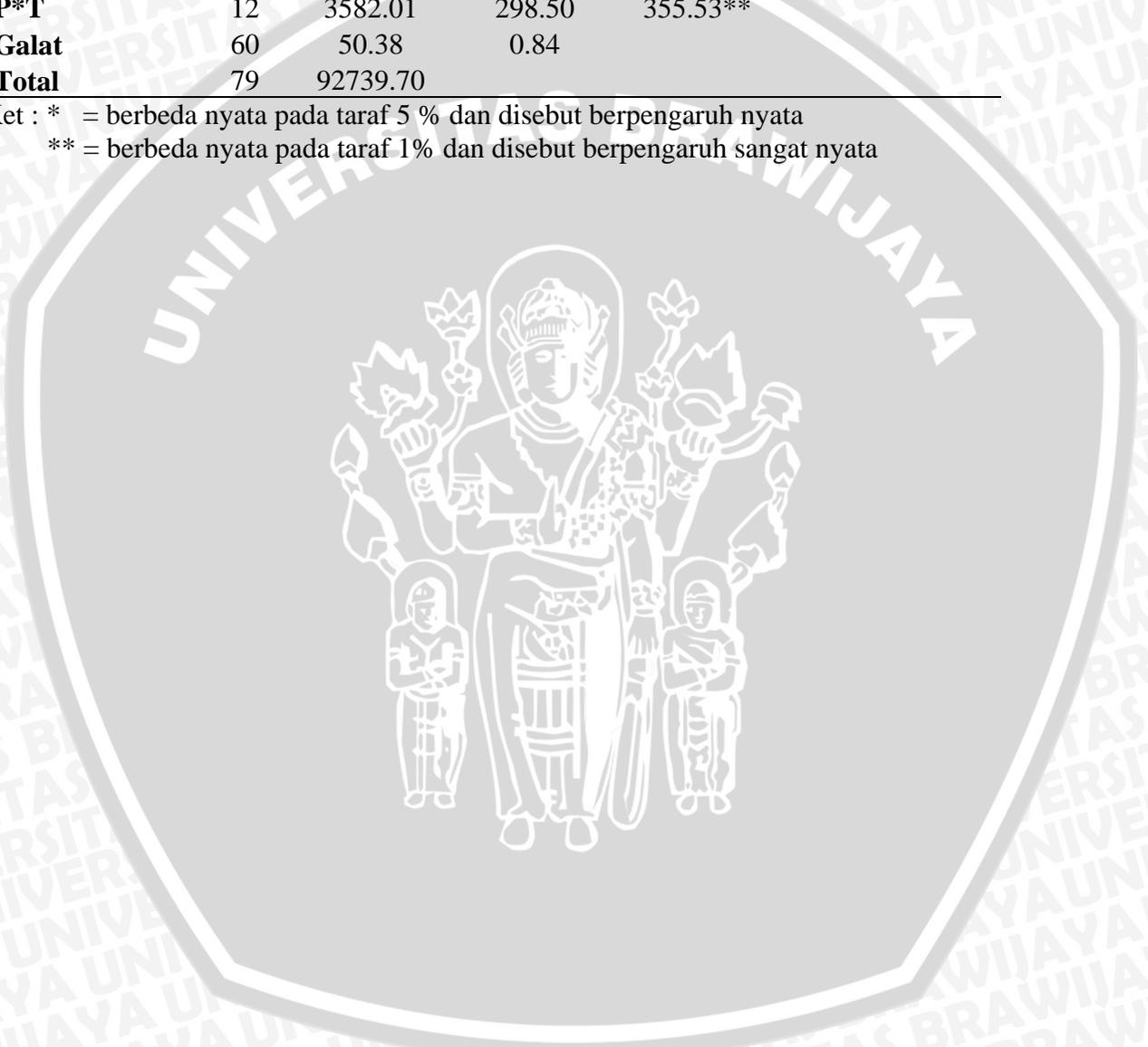


Lampiran 15. Hasil Analisis Sidik Ragam Pencucian Nitrat Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

Sumber keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan (P)	3	4592.40	1148.10	1367.43**	2.53	3.65
Waktu (T)	4	84514.90	28171.63	33553.57**		
P*T	12	3582.01	298.50	355.53**		
Galat	60	50.38	0.84			
Total	79	92739.70				

Ket : * = berbeda nyata pada taraf 5 % dan disebut berpengaruh nyata

** = berbeda nyata pada taraf 1% dan disebut berpengaruh sangat nyata



Lampiran 16. Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Pertumbuhan Cacing Tanah
8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Kepadatan populasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.688	0.229	0.407 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	6.750	0.563			
Total	15	7.438				

b). Biomasa tubuh cacing tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.098	0.033	2.318 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	0.169	0.014			
Total	15	0.268				

c). Nisbah B/K

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.003	0.001	0.923 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	0.014	0.001			
Total	15	0.017				

d). Panjang tubuh cacing tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	4.683	1.561	2.293 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	8.169	0.681			
Total	15	12.851				

e). Diameter tubuh cacing tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.011	0.004	12.529**	3.49	5.95
Galat	12	0.003	0.000			
Total	15	0.014				

Ket : * = berbeda nyata pada taraf 5 % dan disebut berpengaruh nyata

** = berbeda nyata pada taraf 1% dan disebut berpengaruh sangat nyata

^{tn} = tidak berbeda nyata

Lampiran 17. Hasil Analisis Sidik Ragam Terhadap Produksi Kascing Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Total Produksi Kascing basah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	69.789	23.263	15.780**	3.49	5.95
Galat	12	17.690	1.474			
Total	15	87.479				

b). Produksi Kascing basah Pada Permukaan Tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	65.451	21.817	15.065**	3.49	5.95
Galat	12	17.379	1.448			
Total	15	82.830				

c). Produksi Kascing basah Dalam Tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.162	0.054	1.832 ^{tn}	3.49	5.95
Galat	12	0.354	0.029			
Total	15	0.516				

Ket : * = berbeda nyata pada taraf 5 % dan disebut berpengaruh nyata

** = berbeda nyata pada taraf 1% dan disebut berpengaruh sangat nyata

^{tn} = Tidak berbeda nyata

Lampiran 18. Porositas Tanah yang dibentuk Cacing Tanah Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Rata-Rata Porositas Tanah Selama 8 MSP

Perlakuan	Pori makro vertikal, cm/ekor		Pori makro horizontal, cm/ekor	
KCC	285.5	b	123.95	c
UREA	283.9	b	111.85	bc
KGD	175.27	a	92.1	ab
KGDU	148.35	a	81.28	a
BNT	45.96		23.04	

b). Rata-Rata Porositas Tanah Per Waktu Pengamatan

Minggu ke-	Pori makro vertikal, cm/ekor		Pori makro horizontal, cm/ekor	
1	109.406	a	97.98	ab
2	168.562	b	77.25	a
4	245.625	c	123.25	b
6	324.687	d	102.81	ab
8	268	e	110.18	b
BNT	45.96		25.74	

Ket : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$)

KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Lampiran 19. Volume Air Tertampung Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Rata-Rata Volume Air Tertampung Selama 8 MSP

Perlakuan	Volume air tertampung, ml
KO	168.76 c
KCC	154.09 a
UREA	157.28 ab
KGD	195.94 d
KGDU	160.97 b

b). Rata-Rata Volume Air Tertampung Per Waktu Pengamatan

Minggu ke-	Volume air tertampung, ml
1	139.72 b
2	256.15 f
3	162.32 cd
4	154.72 c
5	156.30 c
6	197.30 e
7	170.00 d
8	102.75 a

Ket : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$)

KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);

KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2); UREA = + cacing,

+ N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik, + N-organik;

KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Lampiran 20. Pencucian Nitrat Selama 8 Minggu Setelah Percobaan (MSP)

a). Rata-Rata Pencucian Nitrat Selama 8 MSP

Perlakuan	Pencucian Nitrat, mg L ⁻¹	
KO	43.54	a
KGD	44.49	b
KGDU	45.87	c
KCC	47.67	d
UREA	64.02	e
BNT	0.64	

b). Rata-Rata Pencucian Nitrat Per Waktu Pengamatan

Minggu ke-	Pencucian Nitrat, mg L ⁻¹	
2	105.29	d
4	33.30	c
6	30.62	b
8	27.25	a
BNT	0.57	

Ket : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$)
 KO = tanpa cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 1);
 KCC = + cacing, tanpa pupuk baik N-organik maupun N anorganik (kontrol 2);
 UREA = + cacing, + N-anorganik, tanpa N-organik; KGD = + cacing, tanpa N-anorganik,
 + N-organik; KGDU = + cacing, + N-anorganik, + N-organik

Lampiran 21. Nilai Koefisien (r) Antar Pengamatan

	Biomasa	Panjang liang vertikal kumulatif	Volume air tertampung	Volume total pori	Konsentrasi pencucian NO ₃ ⁻
Biomasa	1				
Panjang liang vertikal kumulatif	.515(*)	1			
Volume air tertampung	.390	.254	1		
Volume total pori	.512(*)	.282	.438	1	
Konsentrasi pencucian NO ₃ ⁻	.151	.600(**)	.584(**)	.056	1

Ket : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1 %

* berbeda nyata pada taraf 5 %



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

