

agr UMY

JURNAL ILMU-ILMU PERTANIAN

ISSN : 0854-4026

Terakreditasi berdasar SK. DIKTI.DEPDIKNAS.RI Nomor 23a/DIKTI/Kep/2004

Pertumbuhan dan Hasil Tumpangsari Kacang Hijau+Jagung
pada saat Panen Jagung Berbeda
□ Agus Nugroho Setiawan

Senyawa Organofosfor dan Pengaruhnya Terhadap Proses Biodegradasi
Senyawa Organik dalam Tanah
□ Gunawan Budiyanto

Upaya Memperpanjang Umur Simpan Buah Apel Manalagi
(Malus Sylvestris Mill.) dengan Pelapisan Kitosan dan Penyemprotan $CaCl_2$
□ Titiek Widyastuti, Sukuriyati Susilo Dewi, Santi Zahrotul Hayati

Tanggapan Tanaman Jagung terhadap Pemberian Guano Fosfat dan
Pupuk ZA di Tanah Vertisol
□ Mulyono

Priming Benih Selada dalam berbagai Konsentrasi dan Lama
Perendaman NaCl untuk Perbaikan Mutu Benih dan Pertumbuhan Tanaman
□ Ami Suryawati dan Maryana

Dampak Pemberitaan Penyalahgunaan Formalin terhadap
Kinerja Industri Tahu di Daerah Istimewa Yogyakarta
□ Triwara Buddhisatyarini

Vol. XV, No. 1, Juni 2007

REDAKSI

Gunawan Budiyanto

Lilik Utari

Siti Yusi Rusimah

Lestari Rahayu

Triyono

Eni Istiyanti

Diterbitkan oleh :

Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Alamat : Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan Bantul Yogyakarta 55183

Telp. (0274) 387656 (hunting) Fax. (0274) 387646

e-mail : goenb@umy.ac.id

AgrUMY merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan dua kali setahun sebagai media komunikasi guna memberikan informasi hasil penelitian dan studi pustaka bidang pertanian.

Redaksi menerima naskah baik berupa hasil penelitian maupun studi pustaka yang diketik komputer MS-Word dengan jarak 1,5 spasi dan panjang tulisan antara 10-12 halaman kuarto, tebal dan gambar menjadi bagian tidak terpisahkan dari naskah dengan jarak 1 spasi tanpa garis vertikal.

Naskah disampaikan dalam bentuk disket dan hasil cetakan (print-out)
Aturan lebih rinci dapat disimak dihalaman terakhir jurnal ini.

SENYAWA ORGANOFOSFOR DAN PENGARUHNYA TERHADAP PROSES BIODEGRADASI SENYAWA ORGANIK DALAM TANAH

*Organophosphoric compound and its influence
on biodegradation process of organic compound in the soil*

Gunawan Budiyo
Program Studi Agronomi
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: goenb@umy.ac.id

ABSTRACT

Organophosphoric is an organic compound usually used as an active chemical ingredient for many insecticides, used in wide area of agricultural practices. The anxiety of the practices is that the existences of these organophosphoric compound in the soil will affect the organic compound bioprocesses.

*A laboratory experiment was conducted to evaluate the effects of organophosphoric compound on biodegradation processes of organic compound in the soil. Four soil samples with 5% w/w green manure (*Sesbania grandiflora*, Pers.) were treated for 4 levels of Diazinon 60-EC ie: 0 cc/liter; 1.5 cc/liter; 2.5 cc/liter and 3.5 cc/liter. These treated soil samples were kept at field capacity of soil moisture contents for 35 days of incubation. The experiment was accomplished in completely randomized design with 4 treatment and 4 replications.*

The final result showed that (1) organophosphoric increased the emission time and production of CO₂ gases, (2) the increasing of organophosphoric dosage will give greater decreasing of C/N ratio, (3) existence of the organophosphoric compound in the experiment field will lead, the microorganism to utilize its carbon and energy sources.

Keyword:

PENDAHULUAN

Tanah sebagai bioreaktor alam memegang peran penting dalam rantai makanan di alam dan paling tidak terdiri dari 3 unsur utama, yaitu pasokan bahan organik ke dalam tanah, aktivitas jasad mikro dan lingkungan yang mendukung (Budiyo, G., 2007). Bahan organik

yang berasal dari tanaman dan hewan merupakan kumpulan senyawa yang mengandung energi dan karbon yang dibutuhkan bagi keberlangsungan jasad mikro dalam tanah. Oleh karena itu, bahan organik merupakan pemasok primer energi dan senyawa organik lain dalam sistem hayati tanah. Dalam konsep

pertanian yang berkelanjutan, sistem hayati tanah banyak didekati dari proses keseimbangan yang berlangsung yang mengaitkan komponen penyusun tanah baik yang abiotik maupun biotik dalam menciptakan kualitas kesehatan tanah. Konsep kesehatan tanah menurut Arias et al. (2005) mengacu kepada kondisi sifat – sifat biologi, kimia dan fisika tanah yang diperlukan bagi produktivitas pertanian yang berkelanjutan dalam kurun waktu lama serta dengan dampak minimal bagi lingkungan.

Salah satu kekhawatiran banyak pihak terhadap pelibatan dan pemakaian senyawa kimia dalam budidaya pertanian adalah cemaran yang terjadi di dalam tanah, dan pada akhirnya akan berpengaruh pada keragaman hayati yang dapat menurunkan kualitas kesehatan tanah. Nannipieri et al. (2003) menyatakan bahwa tanah adalah sebuah sistem biologi yang dinamis dan kompleks, dan atas dasar inilah banyak pakar yang berpendapat bahwa keragaman hayati banyak berhubungan erat dengan kesehatan tanah. Bahkan Saito (2003) menyampaikan bahwa berdasarkan beberapa studi di Jepang mengindikasikan bahwa keragaman fauna tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan lingkungan tanah, dan keragaman jamur atau bakteri di dalam rizosfer tanaman sehingga dapat digunakan sebagai alat yang berguna dalam memonitor kesehatan tanah.

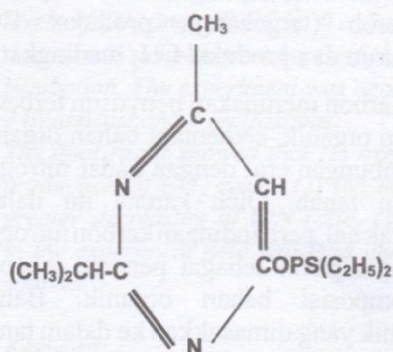
Di dalam biosfer, energi akan mengalami siklus berulang – ulang melalui aktivitas jasad mikro dalam tanah. Rantai makanan dalam tanah (soil food web) merupakan bagian dari siklus energi, hara dan air, serta tidak dapat dipisahkan dari peran dan aktivitas jasad mikro yang di dalam tanah membentuk suatu sistem interaksi biologi yang secara

nyata menempati posisi penting dalam rantai panjang penyediaan makanan. Interaksi biologi dalam tanah secara nyata memberikan dampak positif kepada pertumbuhan tanaman. Biodegradasi sebagai bagian penting dalam proses penyediaan hara tanaman merupakan proses panjang dekomposisi atau mineralisasi bahan organik yang berada di dalam tanah. Proses biodegradasi yang merupakan proses pemutusan rantai karbon organik akan ditandai dengan emisi gas CO₂. Proses mineralisasi disamping dipengaruhi oleh macam dan sumber bahan organik dan keragaman hayati, juga dipengaruhi oleh situasi lingkungan. Hasil percobaan Devevre dan Horwath (2000) membuktikan bahwa pengaruh lingkungan (oksigen, kelengasan dan temperatur) memberi pengaruh kuat pada proses biodegradasi bahan organik. Dalam suasana aerob, proses mineralisasi bahan organik dalam kultur tanah-jerami dapat berlangsung cepat dan ditandai dengan meningkatnya produksi CO₂; sedangkan dalam suasana an-aerob (tergenang), produksi CO₂ menurun dan produksi CH₄ meningkat.

Karbon merupakan penyusun terbesar bahan organik, sementara bahan organik berhubungan erat dengan kadar nitrogen dalam tanah. Oleh karena itu dalam banyak hal, perbandingan karbon nitrogen sering dipakai sebagai penentu tahapan dekomposisi bahan organik. Bahan organik yang dimasukkan ke dalam tanah mengakibatkan peningkatan kegiatan jasad mikro dan akan segera diikuti oleh pemutusan rantai karbon bahan organik. Selama proses mineralisasi berlangsung, jumlah karbon menurun karena CO₂ dilepaskan dan nitrogen tertimbun, sebagai akibatnya rasio C/N menurun. Pelepasan CO₂ akan menurun pada saat jasad mikro kekurangan sumber karbon, sedangkan proses nitrifikasi masih

berlangsung karena jasad mikro dapat menggunakan senyawa N sebagai donor elektron sehingga penurunan rasio C/N mulai lambat.

Selain senyawa organochlor, senyawa organofosfor merupakan salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai bahan aktif pestisida yang terlibat luas dalam program peningkatan produksi pangan di Indonesia. Pemakaian pestisida dalam budidaya pertanian dapat meningkatkan sisa bahan aktifnya dan pada konsentrasi tertentu dapat mempengaruhi proses biologi dalam tanah. Senyawa organofosfor banyak dijadikan bahan aktif pestisida pembasmi serangga (insektisida) seperti Diazinon. Bahan aktif Diazinon adalah diethyl 2-isopropyl 6-methyl 4-pyrimidinyl phosphorothionate, suatu senyawa menurut Corbett (1974) adalah senyawa kimia organik yang mirip parathion dengan bangun kimia :



Insektisida Diazinon 60-EC merupakan insektisida fosfor organik cair yang berwarna coklat muda, serta dapat larut dalam air, bersifat stabil dalam larutan alkali lemah, dan secara lambat akan terurai dalam larutan asam lemah atau suhu tinggi. Senyawa fosfor organik ini

di dalam air dapat terurai melalui proses hidrolitik atau proses hidrolisa ikatan ester fosfat, dan fraksi fosfat ini dapat terjerap di permukaan tanah atau bahan organik.

METODE PENELITIAN

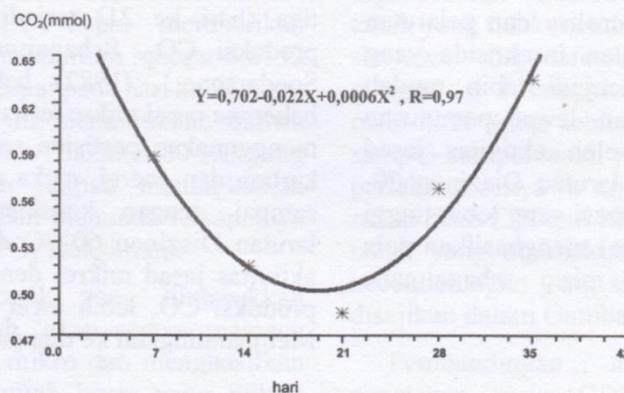
Percobaan yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap ini menggunakan tanah Inceptisol yang berasal dari Ungaran Jawa Tengah (lampiran 1), yang diambil sedalam perakaran (0-30 cm) kemudian dikeringanginkan dan disaring menggunakan matasaring berdiameter 0,5 mm. Sebanyak 4 pot diisi sampel tanah 300 gram dan dicampur dengan bahan organik yang berasal dari daun turi (*Sesbania grandiflora*, Pers.) seberat 5 persen dari berat sampel tanah, dimasukkan ke dalam pot plastik berukuran 500 ml., kemudian diinkubasikan selama 10 hari pada kandungan lengas kapasitas lapangan. Setelah masa inkubasi selesai, sampel tanah diperlakukan dengan penyemprotan larutan Diazinon 60-EC dengan dosis 0 cc/liter; 1,5 cc/liter; 2,5 cc/liter dan 3.5 cc/liter pada takaran kebutuhan larutan 400 liter/ha. Pekerjaan ini diulang 4 kali dan diinkubasikan selama 7 hari (1 minggu). Pekerjaan ini diulang untuk masa inkubasi 2,3,4 dan 5 minggu, sehingga keseluruhan dipersiapkan $16 \times 5 = 80$ pot. Penetapan emisi CO_2 dan rasio C/N dilaksanakan setiap minggu. Penetapan emisi CO_2 menggunakan metode tetraisi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ setelah digunakan menangkap emisi CO_2 dalam ruang tertutup, penetapan C-organik menggunakan metode Walkley dan Black sedangkan penetapan N total menggunakan metode Kjeldahl.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber bahan organik yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah daun turi (*Sesbania grandiflora*, Pers.) yang merupakan salah satu tanaman yang daunnya banyak mengandung nitrogen dan sering digunakan petani sebagai sumber pupuk hijau. Keberadaan sumber bahan organik segar dengan rasio C/N cukup rendah (dibawah 15) di dalam tanah akan segera menaikkan kegiatan jasad mikro dalam memanfaatkan bahan organik tersebut sebagai sumber karbon dan sekaligus donor elektron. Hasil penetapan CO_2 pada awal masa inkubasi (sampai dengan hari ke 21) menunjukkan bahwa kadar CO_2 yang berhasil diukur barangkali berasal dari kandungan awal

bahan organik yang berada dalam sampel tanah, tetapi peningkatan emisi CO_2 baru mulai terlihat setelah inkubasi memasuki minggu ke 4 sebagaimana gambar berikut :

Gambar 1 memperjelas bahwa proses perombakan bahan organik yang diukur lewat penetapan emisi CO_2 menunjukkan bahwa peningkatan biodegradasi terjadi setelah masa inkubasi berjalan 3 minggu. Adapun pada awal masa inkubasi, produksi CO_2 menurun. Hal ini menunjukkan bahwa pada masa tersebut, kandungan bahan organik yang terkandung dalam sampel tanahnya (1,4 prosen) terlebih dulu mengalami perombakan, dan setelah massa karbon dalam bahan organik tanah berkurang,



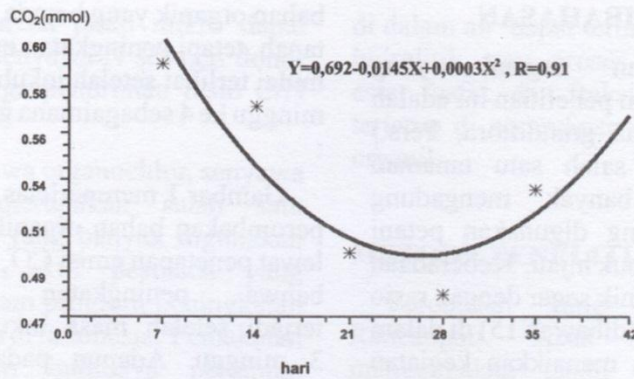
Gambar 1. Emisi CO_2 sampel tanah tanpa perlakuan larutan Diazinon 60-EC

barulah karbon organik yang terdapat dalam bahan organik yang ditambahkan (daun turi) mulai mengalami perombakan dan mineralisasi.

Perlakuan pemberian larutan 1,5 cc/liter Diazinon 60-EC masih menghasilkan kemiripan pola emisi CO_2 sebagaimana disajikan dalam Gambar 2.

Penelitian yang dilakukan Yaron (1975) membuktikan bahwa konversi kimia senyawa parathion dapat terjadi

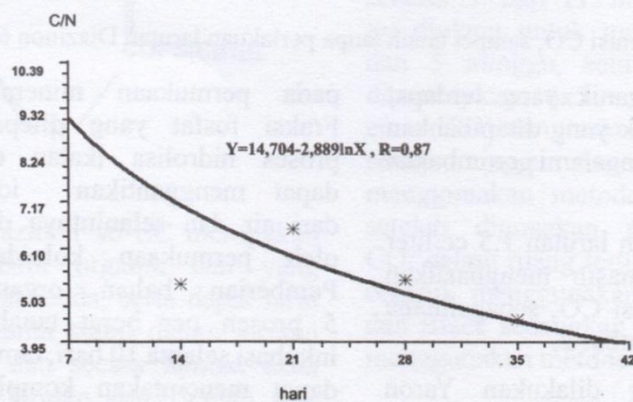
pada permukaan mineral lempung. Fraksi fosfat yang dilepaskan lewat proses hidrolisa ikatan ester fosfat, dapat menggantikan ion hidrogen dari air dan selanjutnya dapat dijerap oleh permukaan koloida lempung. Pemberian bahan organik sebesar 5 prosen per berat tanah dan masa inkubasi selama 10 hari, tampaknya telah dapat menciptakan kompleks koloida lempung-humus yang bersifat lebih stabil, serta sisa-sisa bahan organik yang



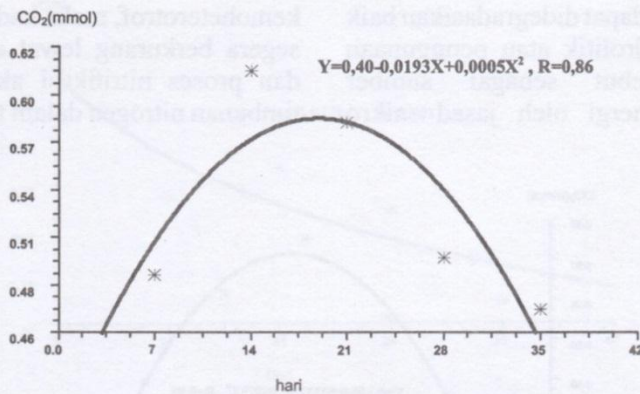
Gambar 2. Emisi CO₂ sampel tanah dengan perlakuan 1,5 cc/liter Diazinon 60-EC

belum mengalami perombakan secara sempurna. Berdasarkan penelitian Yaron (1975) tersebut, senyawa organofosfor yang diberikan memiliki peluang untuk dijerap oleh koloida lempung-humus dan permukaan sisa – sisa bahan organik. Proses hidrolisa dan pelarutan menyebabkan larutan insektisida yang diberikan juga menjadi lebih mudah untuk dioksidasi lewat pemutusan rantai C-organik oleh aktivitas jasad mikro. Pemberian larutan Diazinon 60-EC dengan konsentrasi yang lebih tinggi (2,5 dan 3,5 cc/liter) menghasilkan pola emisi CO₂ yang mirip sebagaimana gambar berikut:

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan bahwa kehadiran senyawa organofosfor ternyata mampu memacu produksi CO₂. Sejak awal masa inkubasi, yaitu menjelang masa inkubasi 1 minggu (hari ke 7) sampai dengan minggu ke tiga (hari ke 21) terjadi peningkatan produksi CO₂. Sebagaimana pendapat Soedarsono, J. (1982) bahwa terdapat beberapa jasad mikro tertentu yang dapat menggunakan pestisida sebagai sumber karbon dan energi, maka diduga bahwa larutan Diazinon 60-EC dapat memacu aktivitas jasad mikro, dengan demikian produksi CO₂ lebih awal dapat terjadi. Membandingkan ke dua gambar tersebut



Gambar 3. Emisi CO₂ sampel tanah dengan perlakuan 2,5 cc/liter Diazinon 60-EC



Gambar 4. Emisi CO₂ sampel tanah dengan perlakuan 3,5 cc/liter Diazinon 60-EC

didapat suatu kenyataan bahwa produksi CO₂ maksimum sebesar 0,5862 mmol tercapai pada hari ke 19 pada perlakuan 2,5 cc/liter larutan Diazinon 60-EC; sedangkan perlakuan 3,5 cc/liter larutan Diazinon 60-EC dapat memberikan produksi CO₂ maksimum sebesar 0,6152 mmol yang tercapai pada hari ke 22 masa inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan larutan Diazinon 60-EC yang semakin pekat dapat meningkatkan produksi CO₂ dan menunda tercapainya titik produksi CO₂ maksimum.

Bahan organik yang dimasukkan ke dalam tanah, akan segera memacu aktivitas jasad mikro dan menghasilkan CO₂ dalam jumlah besar yang diikuti dengan proses mineralisasi yaitu perubahan senyawa organik menjadi senyawa an-organik. Dalam keadaan seperti ini, nitrogen dalam bentuk nitrat akan berkurang, karena kebutuhan jasad mikro membutuhkan unsur ini untuk membangun tubuhnya. Selama perombakan berlangsung rasio C/N turun, karena tanah mengalami kehilangan karbon dan terjadi penimbunan nitrogen (Budiyanto, 2005).

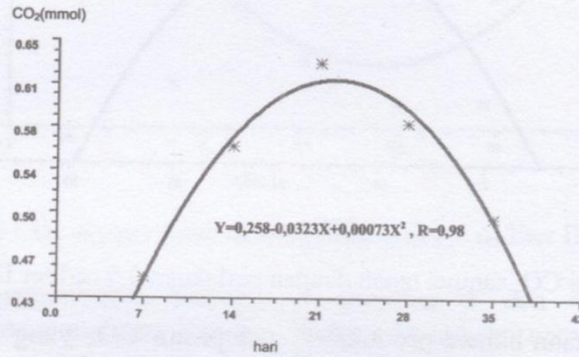
Penurunan rasio C/N selama masa inkubasi, disamping disebabkan oleh

pelepasan CO₂ yang terjadi, juga dapat disebabkan oleh penimbunan unsur nitrogen baik yang berasal dari ikatan senyawa bahan organik maupun senyawa organofosfor. Secara umum sampel tanah yang tidak mendapatkan perlakuan senyawa organofosfor, mulai dari minggu ke 1 sampai ke 5 mempunyai rasio C/N yang lebih besar dibanding sampel-sampel tanah yang mendapatkan perlakuan senyawa organofosfor. Penurunan rasio C/N dari ke 4 macam sampel tanah yang diperlakukan menunjukkan kecenderungan yang sama sebagaimana disajikan dalam Gambar 5.

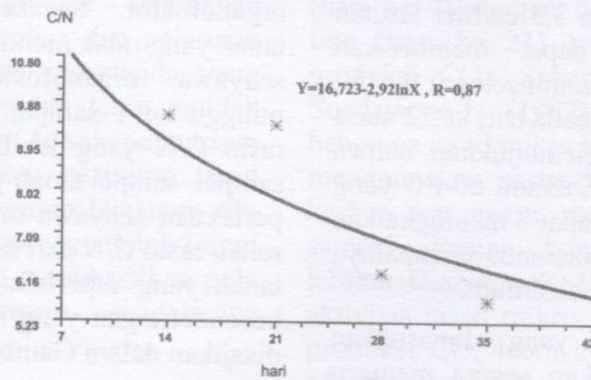
Pembandingan antara hasil penetapan rasio C/N antara sampel tanah yang tidak diperlakukan dengan senyawa organofosfor dan sampel tanah yang mendapatkan perlakuan senyawa organofosfor, dapat membuktikan bahwa proses hidrolisa dan peruraian senyawa organofosfor di dalam tanah disamping dapat menyumbang rantai karbon yang dapat diemisikan menjadi CO₂ juga menambah kadar nitrogen, karena di dalam cincin senyawa kimianya selain mengikat fraksi ester fosfat juga terdapat ikatan nitrogen. Jika kemudian rantai karbon yang terdapat dalam cincin

senyawa kimia dapat didegradasikan baik oleh proses hidrolitik atau penggunaan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi oleh jasad mikro

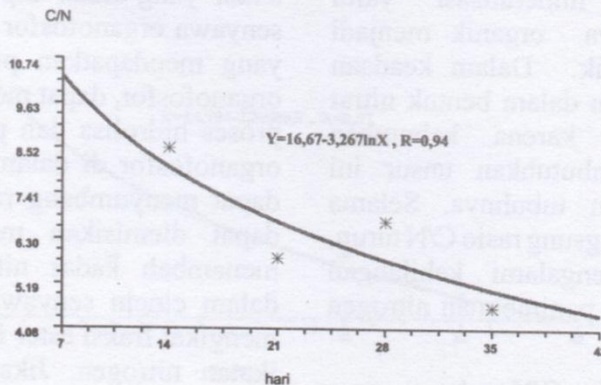
kemoheterotrof, maka kadar karbon akan segera berkurang lewat emisi CO₂ dan proses nitrifikasi akan menambah timbunan nitrogen dalam tanah, sehingga



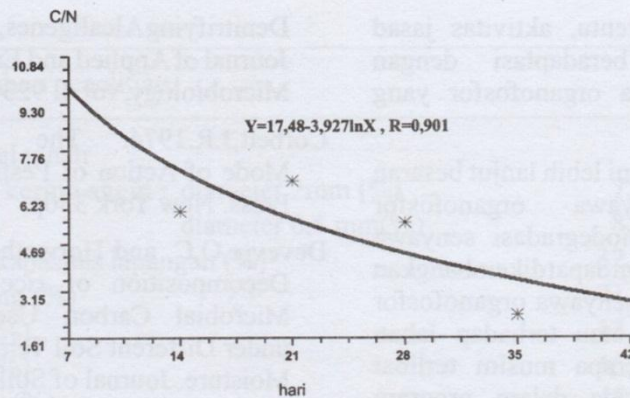
Gambar 5. Rasio C/N sampel tanah tanpa perlakuan Diazinon 60-EC.



Gambar 6. Rasio C/N sampel tanah dengan perlakuan 1,5 cc/liter Diazinon 60-EC.



Gambar 7. Rasio C/N sampel tanah dengan perlakuan 2,5 cc/liter Diazinon 60-EC.



Gambar 8. Rasio C/N sampel tanah dengan perlakuan 3,5 cc/liter Diazinon 60-EC.

hal ini akan mempercepat penurunan rasio C/N. Proses nitrifikasi aerob yang terjadi dalam sampel tanah yang dicobakan, menunjukkan bahwa timbunan N dapat berasal dari proses mineralisasi bahan organik yang ditambahkan maupun dari ikatan N dalam senyawa organofosfor. Dalam hal ini Batjes dan Bridges (1992) menyampaikan bahwa proses nitrifikasi terdiri atas nitrifikasi autotropik dan nitrifikasi heterotropik sejalan dengan pendapat Soedarsono (1982) dan Rajapaksha (1997) menyatakan bahwa bakteri nitrifikasi autotropik mendapatkan energi dari proses oksidasi NH_4^+ , NO_2^- dan karbon yang didapat secara luas dari CO_2 atau senyawa karbonat. Bakteri nitrifikasi autotropik ini dapat menyesuaikan diri dengan adanya sumber donor elektron dan terminal aseptor elektron. Oleh karena itu dapat bertahan pada berbagai macam habitat tanah. Dikarenakan spesifitas luas enzim yang dikandung dalam energinya, bakteri nitrifikasi autotropik juga dapat memediasi sejumlah reaksi seperti oksidasi berbagai macam senyawa alifatik dan aromatik, serta dekomposisi senyawa senobiotik sebagaimana jenis senyawa yang biasa terdapat dalam senyawa organik pada umumnya. Adapun nitrifikasi heterotropik

terjadi dalam kondisi aerob dan jasad mikro menggunakan karbon-organik sebagai sumber karbon dan energi. Hasil percobaan Castignetti dan Hollocher (1982) dan Papen et al. (1989) dalam Batjes dan Bridges (1992) menunjukkan bahwa dalam kultur bakteri nitrifikasi *Alcaligenes, sp* ternyata disamping NO_2^- dan NO_3^- , N_2O juga ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa mungkin sampai dengan konsentrasi tertentu kehadiran senyawa organofosfor dalam tanah belum memberikan dampak negatif terhadap kualitas kesehatan tanah. Dengan kata lain keragaman hayati dalam tanah masih dapat menyesuaikan diri kepada konsentrasi senyawa organofosfor yang dicobakan.

KESIMPULAN

Kehadiran senyawa organofosfor di dalam tanah yang dipupuk bahan organik berpengaruh pada proses biodegradasi senyawa organik dalam tanah terutama terhadap waktu emisi dan peningkatan produksi CO_2 , rasio C/N, peningkatan konsentrasi senyawa organofosfor yang diberikan memberikan kecenderungan penurunan rasio C/N lebih besar. Dalam

batas – batas tertentu, aktivitas jasad mikro mampu beradaptasi dengan kehadiran senyawa organofosfor yang diberikan.

Untuk memahami lebih lanjut besaran konsentrasi senyawa organofosfor terhadap proses biodegradasi senyawa organik, penelitian ini dapat dikembangkan untuk konsentrasi senyawa organofosfor yang lebih besar atau terhadap lahan yang selama beberapa musim terlibat penggunaan pestisida dalam program pengendalian hama terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arias, M.E., Gonzales-Peres, J.A., Gonzales-Vila, F.J. and Ball, A.S. 2005. Soil Health a New Challenge for Microbiologist and Chemists. *Journal of International Microbiology*, Vol. 8: 13-21.
- Batjes, N.H. and Bridges, E.M. 1992. A Review of Soil Factors and Processes that Control Fluxes of Heat, Moisture and Greenhouse Gases. International Soil Reference and Information Center. Technical Paper 23. Wageningen :70-73.
- Budiyanto Gunawan. 2005. Diktat Kuliah Ilmu Tanah dan Kesuburan Tanah. Jurusan Agronomi Fak. Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 115h.
- Budiyanto Gunawan. 2007. Interaksi Biologis dan Unsur Nitrogen dalam Tanah. Bahan Diskusi Kelompok Program Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran Bandung. 48h.
- Castignetti, D. and Hollocher, T.C. 1982. Nitrogen Redox Metabolism of a Heterotrophic, Nitrifying-Denitrifying *Alcaligenes*, sp. form Soil. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 4: 923-928.
- Corbett, J.R. 1974. The Biochemical Mode of Action of Pesticides. Acad. Press. New York 330p.
- Devevre, O.C. and Horwath, W.R. 2000. Decomposition of rice Straw and Microbial Carbon Use Efficiency under Different Soil Temperature and Moisture. *Journal of Soil Biology and Biochemistry* Vol. 32: 1773-1785.
- Nanniperi, P., Ceccherini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G. And Renella, G. 2003. Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Sci.* Vol. 23: 655-670.
- Rajapaksha, R.M.C.P. 1997. Nitrification at the Community Level Across a Cultural and a Pasture Landscape. National Library of Canada. 175p.
- Saito Masanori. 2003. Can Soil Biodiversity be used for an Indicator Soil Health?, A case Study in Japan. Dept. of Environmental Chemistry. National Institute of Agro-Environmental Science. Japan. [Webdomino1.aced.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nst](http://webdomino1.aced.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nst). Diakses Juni 2007.
- Soedarsono Joedoro. 1982. Mikrobiologi Tanah. Terbitan kedua. Departemen Mikrobiologi Tanah. Fakultas Pertanian UGM. 131h.
- Yaron, B. 1975. Chemical Conversion of Parathion on Soil Surfaces. *Soil Sci. Soc. American Proceeding*, Vol. 39: 639-643.

