

PENGARUH PENGGUNAAN TANAH GAMBUT SEBAGAI LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERUBAHAN POLA LAJU MINERALISASI NITROGEN

EFFECT OF PEAT LAND TO CROP LAND TRANSFORMATION ON CHANGE OF NITROGEN MINERALIZATION RATE PATTERN

Suhardi

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

hardi_sola@yahoo.com

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the change of peat nitrogen mineralization rate under influence of peat land transformation on land culture. Four types of peat land transformation were used in this study. They were : low intensive paddy field (STI), high intensive paddy field (SI), dry land crop (LKS), and palm oil plantation (LKT). Four parameters were used to measure the rate of nitrogen mineralized for this necessity : cumulative of nitrate mineralized (Nt), nitrogen mineralization potential (N₀), half time of mineralization (T_c), and nitrogen mineralization coefficient (K). This research was carried out in laboratory by incubating followed by leaching the peat by using Stanford and Smith (1972) method. The research revealed that the highest intensity of nitrogen mineralization was reached during first to fourth weeks of incubation. On the other hand, the transformation of peat land to culture land enhanced the rate of nitrogen mineralized which was showed by decrease the value of N₀ and T_c, while its K value increased. This research showed that control (undisturbed peat land) had the highest value of N₀ and T_c (44,094 me NO₃ 100 g⁻¹ peat and 20,586 weeks) and the lowest K value (0,033 week⁻¹); while the lowest of N₀ and T_c values and the highest of K value was obtained by peat land that was transformed to dryland crop (GB7).

Keywords : peat, mineralization , nitrogen

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan lahan gambut sebagai areal pertanian terhadap perubahan pola laju mineralisasi nitrogen. Empat parameter laju mineralisasi digunakan, yakni kadar nitrat termineralisasi (Nt), potensi kadar N termineralisasi (N₀), waktu paruh mineralisasi (T_c) dan koefisien mineralisasi N (K). Sampel gambut (dari kedalaman 0 - 30 cm) diambil dari empat lokasi lahan gambut dengan 4 tipe penggunaan lahan, yakni sawah tidak intensif (STI), sawah intensif (SI), lahan kering tanaman semusim (LKS), dan lahan kering untuk perkebunan kelapa sawit (LKT) ditambah kontrol (lahan gambut yang tidak dikelola). Metoda inkubasi dan pencucian nitrat dilakukan berdasarkan metoda Stanford dan Smith (1972). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mineralisasi nitrogen paling aktif terjadi pada minggu pertama hingga keempat dari masa inkubasi. Peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian mengakibatkan penurunan nilai N₀ dan T_c serta peningkatan nilai K. Nilai N₀ dan T_c tertinggi diperoleh dari kontrol, yakni masing-masing sebesar 44.094 me NO₃ per 100 g gambut dan 20.586 minggu. Sedangkan nilai terendah diperoleh dari peralihan lahan gambut menjadi lahan kering tanaman semusim (GB7), yakni sebesar 8.966 me NO₃ per 100 g gambut dan 2.705 minggu.

Kata kunci : gambut, mineralisasi, nitrogen

PENDAHULUAN

Peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian merupakan hal yang tidak terelakkan

dalam upaya meningkatkan produksi pertanian di Indonesia. Peralihan ini akan memberikan dampak perubahan kondisi lingkungan yang mempengaruhi sifat-sifat gambut seperti laju

mineralisasi nitrogen. Oleh karena itu proses peralihan fungsi lahan gambut ini seharusnya mempertimbangkan faktor-faktor kelestarian gambut sehingga peralihan fungsi lahan ini tidak justru memperpendek usia gambut itu sendiri.

Pengukuran laju mineralisasi gambut sebagai akibat peralihan fungsi menjadi lahan pertanian belum banyak dikenal. Untuk itu dilakukan penelitian ini dengan tujuan memperoleh data-data dasar tentang laju mineralisasi gambut, khususnya di Propinsi Bengkulu, sebagai akibat peralihan fungsi menjadi lahan pertanian, baik pertanian lahan basah (sawah), maupun pertanian lahan kering (tanaman semusim dan perkebunan). Untuk tujuan ini metoda inkubasi yang diperkenalkan oleh Stranford and Smith (1972) dipergunakan guna mengukur nilai N_t (nitrat termineralisasi akumulatif), N_0 (potensi N termineralisasi), T_c (waktu paruh mineralisasi N) dan K (koefisien mineralisasi). Penggunaan metoda ini telah dibuktikan di tanah-tanah pertanian untuk mengetahui laju mineralisasi nitrogen (Juma, 1981; Jacquin, 1985; Vong, 1987). Terkumpulnya data-data dasar ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai acuan untuk mengelola lahan gambut secara lebih bijaksana sehingga memberi manfaat secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi contoh (sampel) gambut ditentukan berdasarkan sebaran gambut yang terdapat di Propinsi Bengkulu yang selanjutnya dikelompokkan berdasarkan penggunaan lahannya. Dari masing-masing tipe penggunaan lahan ini selanjutnya ditentukan titik pengambilan sampel gambut.

Sampel gambut diambil dari lapisan gambut pada kedalaman 0 hingga 30 cm. Sampel diperoleh dengan cara mengumpulkan lapisan gambut dari lima lokasi untuk setiap titik sampel. Sampel selanjutnya disimpan di dalam kantong plastik dan diikat untuk digunakan sebagai bahan penelitian. Pada saat pengambilan sampel dilakukan pengumpulan data penunjang yang meliputi jenis-jenis vegetasi yang ada di tempat pengambilan sampel.

Laju mineralisasi N gambut diamati dengan menggunakan perancangan Stanford dan Smith yang dimodifikasi (Jacquin, 1985; Vong, 1987). Seratus gram bahan gambut dari masing-masing sampel digunakan untuk penelitian ini. Bahan gambut ini dimasukkan ke dalam potongan pipa PVC (ϕ 8.5 cm) yang bagian bawahnya telah ditutup dengan kain kasa dan diberi lapisan glass wool (Gambar 1). Tabung PVC ini selanjutnya diletakkan di atas papan tripleks yang telah diberi lubang untuk tempat corong plastik sebagai penyokong tabung. Kegunaan corong ini adalah untuk mempermudah proses pencucian yang dilakukan selama penelitian. Bahan-bahan ini selanjutnya diletakkan di dalam ruang inkubator dengan suhu ± 30 °C (suhu kamar).

Inkubasi dilakukan selama 8 minggu dengan kelembaban 80% dari kapasitas lapang. Setiap 2 minggu dari minggu ke 0 hingga ke 8 dilakukan pengukuran kadar nitrat sampel melalui pencucian nitrat dengan menggunakan larutan 200 mL $CaCl_2$ 0,05 M. Pada setiap akhir pencucian dilakukan pemberian 50 mL larutan hara (0.002 M $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; 0.002 M $MgSO_4$; 0.005 M $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ dan 0.0025 M K_2SO_4). Penggunaan larutan $CaCl_2$ adalah untuk mencuci N-mineral hasil mineralisasi gambut sesuai dengan yang dianjurkan oleh Stanford and Smith (1972) dan yang telah diuji oleh Juma (1981) dan Vong (1987). Nitrat yang diperoleh dari pencucian ini selanjutnya dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNIB. Penelitian ini diulang 3 kali dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor tunggal, yakni jenis penggunaan lahan gambut.

Kecepatan serta jumlah N yang dapat dibebaskan melalui mineralisasi N-organik tanah merupakan faktor yang penting bagi perharaan tanaman. Laju mineralisasi N tanah dapat diduga dengan menggunakan beberapa model matematis (Juma, 1981). Dari model yang ada, persamaan hiperbolis terbukti dapat digunakan untuk mengukur laju mineralisasi tanah-tanah pertanian (Juma, 1981; Vong, 1987). Persamaan ini dinyatakan sebagai berikut (Stanford and Smith, 1972) :

$$N_t = N_o.t/(b.No+t) \dots (1)$$

- Nt : N termineralisasi secara kumulatif (me NO₃ per 100 g gambut)
- No : Potensial N yang dapat termineralisasi
- t : waktu mineralisasi (minggu)
- b : konstanta (minggu .(me NO₃ per 100g gambut)

Transformasi linear persamaan (1) menjadi :

$$1/Nt = 1/No + b.(1/t) ... (2)$$

Besarnya waktu paruh mineralisasi N (Tc) dapat diduga dengan menggunakan nilai b dengan persamaan :

$$b = Tc/No ... (3)$$

Pengamatan terhadap kinetis mineralisasi N menghasilkan persamaan tingkat satu sebagai berikut :

$$\log (Nm) = \log (No) - (K/2.303).t ... (4)$$

K : konstanta kecepatan mineralisasi (minggu⁻¹)

Nm : pool N yang termineralisasi pada waktu t

Besarnya Nm diduga dari besarnya Nt dengan persamaan :

$$Nm = No - Nt ... (5)$$

Stanford and Smith (1972) menduga nilai N0 dengan menggunakan persamaan hiperbolis dan memplot log (No-Nt) dengan t. Dengan melakukan proses pengulangan dan mengubah nilai No (yang nilai pertamanya diperoleh dari

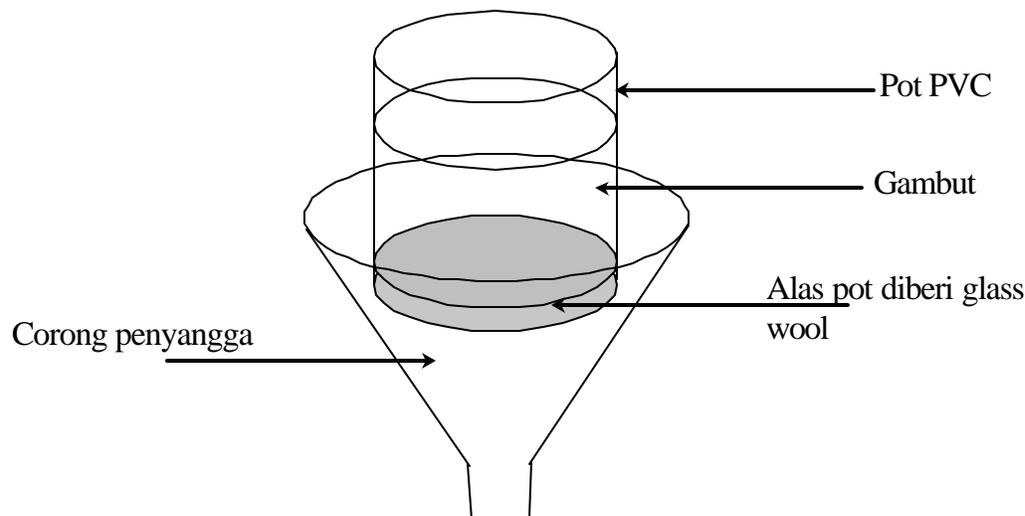
persamaan hiperbolis) hingga diperoleh garis lurus, maka dapat diperoleh nilai K.

Data yang diperoleh pada penelitian ini selanjutnya dianalisis secara statistik dengan bantuan software COSTAT dengan sidik ragam pada taraf uji 5 %. Untuk membandingkan rata-rata dilakukan dengan Uji Duncan (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan lahan gambut

Lahan gambut yang digunakan pada penelitian ini diambil dari beberapa tipe penggunaan lahan. Penggunaan lahan ini dikelompokkan menjadi (i) persawahan intensif (SI), (ii) persawahan tidak intensif (STI), (iii) lahan kering (palawija) (LKS), dan (iv) perkebunan kelapa sawit (LKT). Di samping itu pada penelitian ini juga diambil gambut dari lahan yang belum pernah diolah (kontrol). Guna keperluan penelitian ini, maka lahan gambut sengaja dipilih di lokasi yang tidak terlalu berjauhan sehingga keragaman iklim mikro tidak terlalu berbeda. Dengan demikian satu-satunya variabel yang membedakan antara perlakuan adalah tipe pengelolaan lahan gambut. Tipe pengelolaan lahan gambut serta kelas gambut yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Rancangan alat untuk mengukur laju mineralisasi N gambut

Tabel 1. Penggunaan lahan gambut di lokasi penelitian

Kode	Penggunaan lahan gambut	Lokasi	Kelas Gambut
LKT 1	Kelapa sawit	Bengkulu Utara	Saprist
LKT 2	Kelapa Sawit	Bengkulu Utara	Saprist
LKT 3	Kelapa Sawit	Bengkulu Utara	Saprist
LKT 4	Kelapa Sawit	Bengkulu Utara	Saprist
LKS 1	Kacang Tanah	Kota Bengkulu	Hemist / Saprist
LKS 2	Kacang Panjang	Kota Bengkulu	Hemist / Saprist
LKS 3	Kacang Panjang	Kota Bengkulu	Hemist
SI 1	Padi	Kota Bengkulu	Hemist
SI 2	Padi	Kota Bengkulu	Fibrist
STI 1	Padi	Kota Bengkulu	Fibrist
STI 2	Padi	Kota Bengkulu	Fibrist
Kontrol	Semak	Kota Bengkulu	Fibrist

LKT : lahan kering dengan tanaman tahunan; LKS : lahan kering dengan tanaman semusim; SI: sawah intensif (2 kali setahun); SI : sawah tidak intensif (1 kali setahun)

Tabel 2. Potensi N termineralisasi (No) gambut berdasarkan tipe penggunaan lahan

Kode	Penggunaan lahan gambut	No (me NO ₃ per 100 g)	% dari kontrol
LKT 1	Kelapa sawit	19.808 bc	45.44
LKT 2	Kelapa Sawit	26.168 bc	60.03
LKT 3	Kelapa Sawit	22.915 bc	52.56
LKT 4	Kelapa Sawit	8.394 c	19.26
LKS 1	Kacang Tanah	13.702 bc	31.43
LKS 2	Kacang Panjang	18.704 bc	42.90
LKS 3	Kacang Panjang	8.967 c	20.57
SI 1	Padi	12.264 bc	28.13
SI 2	Padi	29.327 ab	67.27
STI 1	Padi	12.785 bc	29.33
STI 2	Padi	21.911 bc	50.26
Kontrol	Semak	44.094 a	100

Notasi berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%, notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan perbedaan tidak nyata; LKT : lahan kering dengan tanaman tahunan; LKS: lahan kering dengan tanaman semusim, SI : sawah intensif (2 kali setahun); SI: sawah tidak intensif (1 kali setahun)

Nitrogen termineralisasi (Nt)

Secara umum terdapat persamaan model pembebasan nitrat selama proses inkubasi. Rata-rata pembebasan nitrat paling tinggi terjadi pada minggu keempat dari inkubasi. Selanjutnya dapat dilihat bahwa kemiringan kurva (*slope*) dari masing-masing gambut adalah relatif sama. Sekalipun demikian terlihat bahwa kemiringan kontrol relatif lebih tajam pada minggu-minggu pertama dari proses inkubasi ini.

Potensi N termineralisasi (No)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat penurunan potensi N termineralisasi (No) sebagai akibat peralihan fungsi lahan gambut menjadi

lahan pertanian. Pada penelitian ini potensi mineralisasi N tertinggi diperoleh dari kontrol, yakni sebesar 44.094 me NO₃ per 100 g gambut (Tabel 2). Nilai potensi N termineralisasi yang paling rendah diperoleh dari perubahan lahan gambut menjadi lahan kering pada LKT4 dan LKS3 (kelapa sawit dan kacang panjang) yang masing-masing sebesar 8.394 dan 8.967 me NO₃ per 100 g gambut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan lahan gambut menjadi lahan pertanian (sawah, lahan kering, perkebunan) akan menurunkan potensi N termineralisasi. Hal ini diduga erat kaitannya dengan adanya perubahan kondisi lingkungan yang memungkinkan terjadinya mineralisasi N

organik akibat pengolahan lahan gambut. Mineralisasi ini akan memacu terjadinya kehilangan N organik sehingga jumlah N yang dapat termineralisasi semakin lama semakin berkurang. Selanjutnya proses pengeringan lahan gambut (melalui drainase) terlihat semakin memacu terjadinya kehilangan N ini. Hal ini dapat dilihat dari semakin rendahnya nilai N_o dari gambut yang berasal dari lahan-lahan yang telah dikeringkan. Di samping itu pemberian pupuk serta bahan-bahan kimia selama pertumbuhan tanaman diduga juga dapat menjadi sebab semakin berkurangnya nilai N_o ini karena proses mineralisasi gambut semakin dipacu.

Waktu paruh mineralisasi N (T_c)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang sangat tajam dari waktu paruh mineralisasi (T_c) sebagai akibat peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai T_c tertinggi pada penelitian ini diperoleh dari kontrol (gambut yang belum diolah), yakni sebesar 20.586 minggu. Akibat peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian ini mengakibatkan penurunan nilai T_c hingga menjadi 2.706 minggu pada LKS3 (lahan gambut yang berubah fungsi menjadi lahan kering untuk kacang panjang). Secara statistik,

perbedaan nilai T_c pada lahan gambut yang telah beralih fungsi ini tidak nyata.

Koefisien mineralisasi N (K)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian cenderung meningkatkan koefisien mineralisasi nitrogen bahan gambut. Nilai K paling rendah pada penelitian ini diperoleh dari kontrol, yakni sebesar $0.033 \text{ minggu}^{-1}$. Nilai K paling tinggi diperoleh pada LKS3 (lahan kacang panjang), yakni sebesar $0.225 \text{ minggu}^{-1}$ (Tabel 4).

Peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian ternyata meningkatkan mineralisasi nitrogen pada gambut. Hal ini mengakibatkan penurunan potensi N termineralisasi (N_o), mengurangi waktu paruh mineralisasi N (T_c) serta meningkatkan koefisien mineralisasi N (K). Penurunan potensi N termineralisasi ini menunjukkan bahwa jumlah cadangan N yang dapat dimineralisasi semakin berkurang. Selanjutnya penurunan nilai T_c dapat diartikan sebagai semakin berkurangnya waktu yang digunakan untuk menyediakan nitrogen. Peningkatan nilai K menunjukkan semakin aktifnya proses mineralisasi bahan gambut yang bersangkutan (Jacquin and Carballas, 1979; Vong, 1987; Hook and Burke, 1995).

Tabel 3. Waktu paruh mineralisasi N gambut (T_c) berdasarkan tipe penggunaan lahan

Kode	Penggunaan lahan gambut	T_c (minggu)	% dari kontrol
LKT 1	Kelapa sawit	5.210 b	25.31
LKT 2	Kelapa Sawit	9.915 b	48.16
LKT 3	Kelapa Sawit	5.510 b	26.77
LKT 4	Kelapa Sawit	2.807 b	13.63
LKS 1	Kacang Tanah	4.857 b	24.59
LKS 2	Kacang Panjang	7.382 b	35.86
LKS 3	Kacang Panjang	2.705 b	13.14
SI 1	Padi	6.493 b	31.54
SI 2	Padi	9.983 b	48.49
STI 1	Padi	5.984 b	29.09
STI 2	Padi	6.598 b	32.05
Kontrol	Semak	20.586 a	100

Notasi berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%, notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan perbedaan tidak nyata; LKT: lahan kering dengan tanaman tahunan; LKS: lahan kering dengan tanaman semusim, SI: sawah intensif (2 kali setahun); STI: sawah tidak intensif (1 kali setahun)

Tabel 4. Koefisien mineralisasi N gambut (K) berdasarkan tipe penggunaan lahan

Kode	Penggunaan lahan gambut	K (minggu ⁻¹)	% dari kontrol
LKT 1	Kelapa sawit	0.101 abc	307.04
LKT 2	Kelapa Sawit	0.067 bc	203.39
LKT 3	Kelapa Sawit	0.173 ab	529.06
LKT 4	Kelapa Sawit	0.218 a	663.97
LKS 1	Kacang Tanah	0.109 abc	329.85
LKS 2	Kacang Panjang	0.093 abx	282.38
LKS 3	Kacang Panjang	0.225 a	678.17
SI 1	Padi	0.182 ab	554.33
SI 2	Padi	0.098 abc	300.55
STI 1	Padi	0.114 abc	345.52
STI 2	Padi	0.089 abc	271.54
Kontrol	Semak	0.033 c	100

Notasi berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%, notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan perbedaan tidak nyata; LKT : lahan kering dengan tanaman tahunan; LKS: lahan kering dengan tanaman semusim, SI : sawah intensif (2 kali setahun); SI : sawah tidak intensif (1 kali setahun)

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini maka dapat dilihat bahwa peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian akan mengurangi cadangan N yang dapat dimineralisasi, mengurangi waktu penyediaan N serta meningkatkan aktivitas mineralisasi N dari gambut.

Terjadinya peningkatan aktivitas mineralisasi N dari peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian ini diduga erat kaitannya dengan perubahan kondisi lingkungan, terutama adanya perbaikan aerasi (melalui drainase) (Stevenson, 1994, Hargitai, 1994), peningkatan ketersediaan hara (melalui pemupukan) (Rice and Smith, 1984, Vong, 1987), serta perbaikan pH tanah (melalui pengapuran) (Juma, 1981, Vong, 1987, Kolberg et al., 1997). Kondisi ini sangat terlihat pada peralihan lahan gambut menjadi lahan kering (untuk palawija maupun perkebunan), sekalipun pada lahan basah kondisi serupa juga dijumpai namun dalam tingkat yang kurang nyata.

Laju mineralisasi yang terukur pada penelitian ini adalah laju mineralisasi yang potensial, artinya proses mineralisasi yang terjadi pada kondisi yang optimal (drainase baik, temperatur optimal, serta ketersediaan hara yang baik). Dengan demikian kondisi ini tidak dapat langsung digunakan untuk penilaian laju mineralisasi yang ada di lapang karena kondisi lingkungannya sangat berbeda.

KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses mineralisasi nitrogen pada lahan gambut semakin dipacu dengan peralihan fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian. Semakin intensifnya mineralisasi nitrogen ini dapat dilihat dari semakin rendahnya nilai potensi N termineralisasi (No) dan masa paruh mineralisasi (Tc) serta semakin besarnya koefisien mineralisasi nitrogen dibandingkan dengan kontrol.

Nilai No dan Tc terbesar pada penelitian ini diperoleh dari kontrol (lahan gambut yang belum diolah), yakni masing-masing sebesar 44.094 me NO₃ per 100g gambut dan 20.586 minggu. Sedangkan nilai koefisien mineralisasi N terkecil juga diperoleh dari lahan kontrol, yakni sebesar 0.325 minggu⁻¹.

Nilai No terkecil pada penelitian ini diperoleh dari lahan gambut yang telah dijadikan lahan kering untuk perkebunan kelapa sawit, yakni sebesar 8.394 me NO₃ per 100 g gambut. Sedangkan nilai Tc terkecil dan nilai K tertinggi diperoleh pada lahan gambut yang beralih fungsi menjadi lahan kering untuk kacang panjang, yakni masing-masing sebesar 2.705 minggu dan 0.225 minggu⁻¹.

Hasil penelitian ini baru merupakan tahap awal dari penelitian yang panjang tentang

mineralisasi N di lahan gambut. Oleh karena itu hasil penelitian ini hendaknya digunakan sebagai data awal untuk mengetahui proses mineralisasi nitrogen di lahan-lahan gambut yang ada. Dengan demikian hasil penelitian ini masih perlu ditunjang dengan penelitian-penelitian lanjutan lainnya dengan menggunakan lahan gambut yang ada di beberapa daerah dengan tipe yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Dziadowiec, H. 1994. Properties of humic acids from forest litters of different humification degree. *In* N. Senesi and T.M. Miano (eds), Humic substances in the global environment and implications on human health, 573–8. Elsevier. Amsterdam.
- Hargitai, L. 1994. Biochemical transformation of humic substances during humification related to their environmental functions. *Environment International* 20,43–8.
- Hook, P.B., and I.C. Burke. 1995. Evaluation of a method for estimating net nitrogen mineralization in a semiarid grassland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:831- 837.
- Jacquin F. 1985. Dynamique de la matière organique en sols cultivés sous climats tempérés. *C.R. Acad. Agri. de France* 6: 635-642.
- Jacquin F., and T. Carballas 1979. A classification proposal pertaining to organic matter evolution in cultivated soils. *Symp. Humus et Planta, Prague*, 1, 173-179.
- Juma N.G. 1981. Dynamics of soil and fertilizer nitrogen. Thesis Doctorat University of Saskatchewan, Canada.
- Kolberg, R.L., B. Rouppet, D.G. Westfall, and G.A. Peterson 1997. Evaluation of an *in situ* net soil nitrogen mineralization method in dryland agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61- 04-508.
- Oades J.M., and Swincer 1968. Effect of time of sampling and cropping sequences on the carbohydrates in red-brown earths, *Trans. 9th. Int. Congr. Soil Sci.* 3:183 - 192.
- Rice, C.W., and M.S. Smith 1984. Short-term immobilization of fertilizer N at the surface of no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:295-297.
- Schnitzer M. 1982. Organic matter characterization. *in* Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties-Agronomy monograph no.9 (2nd edition).
- Schnitzer, M. and Khan, S.U. 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker. New York.
- Stanford G, and S.J. Smith 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36 : 4654 - 472.
- Stevenson, F.J. 1994. Humic chemistry : genesis, composition and reactions. 2nd edn. Wiley. New York.
- Vong P.C. 1987. Contribution à l'étude cinétique des différents compartiments azotés contenus dans des sols cultivés après apports de fertilisants minéraux et organiques. Thesis doctorat INPL (in French).