

# Dinamika Hara Nitrogen pada Tanah Sawah

## *Nitrogen Dynamics on Rice Field Soils*

N.S. MULYANI, M.E. SURYADI, S. DWININGSIH, DAN HARYANTO<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Pupuk nitrogen sangat labil, diperkirakan banyak yang hilang karena terbawa aliran permukaan (*run-off*), menguap (*volatilization*) dan meresap ke bawah (*leaching*). Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen diperlukan informasi pergerakan nitrogen tersebut agar dapat memperkirakan takaran dan waktu yang tepat dalam pemberian pupuk tersebut. Untuk mengetahui pergerakan N melalui penguapan, dari air genangan di tanah sawah dan dari dalam tanah serta dari yang meresap ke bawah (*leaching*) dilakukan penelitian di laboratorium menggunakan pot plastik yang sudah dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat diambil contoh tanahnya setelah di inkubasi pada hari ke 1, 4, 7, 14 dan 28. Untuk mengetahui nitrogen yang diserap tanaman dilaksanakan penelitian di rumah kaca dengan menggunakan indikator padi varietas IR-64. Pergerakan nitrogen dalam air genangan pada tanah Entisols sampai hari ke tujuh, menunjukkan konsentrasi N-amonium lebih tinggi dari pada N-nitrat, selanjutnya konsentrasi N-nitrat lebih besar daripada N-amonium. Pada tanah Inceptisols, konsentrasi N-amonium hingga hari ke-28 lebih tinggi dari N-nitrat. Sebaliknya pada Vertisols, konsentrasi N-amonium sampai hari ke-28 lebih rendah dari pada N-nitrat. Pergerakan N dalam tanah Entisols dan Inceptisols, menunjukkan konsentrasi N-amonium sampai hari ke-28 lebih tinggi dari pada N-nitrat, tetapi konsentrasi N-amonium pada tanah Vertisols sampai hari ketujuh lebih kecil daripada N-nitrat. N yang berasal dari pupuk, tertinggi terdapat dalam air genangan pada tanah Vertisols sebesar 31,7% pada hari kesatu dan 28,8% pada hari keempat. Serapan N dari pupuk oleh tanaman padi, tertinggi pada tanah Inceptisols sebesar 78,0% dan terendah pada tanah Entisols sebesar 17,2%.

### ABSTRACT

Nitrogen fertilizer is unstable, and it is predicted that large amount of it is lost through run-off, volatilization, and leaching processes. Information of nitrogen movement is needed in order to increase the efficient use of fertilizer, so that the N dosage and time of fertilizer application could be given precisely. Nitrogen movement through volatilization and from standing water and leaching could be observed by means of laboratory study using plastic pot which has been especially designed, and soil samples was taken after 1, 4, 7, 14 and 28 days of incubation. The green house experiment was held using IR-64 rice variety to see the sorption of nitrogen. The movement of nitrogen in standing water of Entisols until days-7 showed that the concentration of  $\text{NH}_4\text{-N}$  was higher than  $\text{NO}_3\text{-N}$ , and afterwards  $\text{NO}_3\text{-N}$  was higher than  $\text{NH}_4\text{-N}$ .  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration on Inceptisols until days-28 was higher than  $\text{NO}_3\text{-N}$ . However, the  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration on Vertisols until days-28 was lower than  $\text{NO}_3\text{-N}$ . The movement of nitrogen on Entisols and Inceptisols showed that the  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration

until days-28 was higher than  $\text{NO}_3\text{-N}$ , however the  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration on Vertisols until days-7 was lower than  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Nitrogen losses from fertilizer in standing water of Vertisols was found 31,7% at days-1 and 28,8% at days-4. The N uptake by crop was found the highest on Inceptisols (78,0%) and the lowest on Entisols (17,2%).

*Keyword :* Nitrogen dynamic,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , Rice field soil, Inceptisols Indramayu, Entisols Sleman, Vertisols Ngawi

### PENDAHULUAN

Dalam sistem pertanian intensif, kesuburan tanah harus dipertahankan atau jika memungkinkan ditingkatkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan jalan pemupukan. Pupuk yang telah digunakan dalam program intensifikasi sejak awal sampai akhir PJP 1 terus meningkat. Menurut Widjaja-Adhi (1992), kurva produksi dan produktivitas tanah tidak sejalan lagi dengan jumlah pupuk yang digunakan. Akibatnya nisbah kenaikan hasil terhadap jumlah pupuk yang digunakan semakin kecil.

Tujuan utama pemupukan adalah untuk mensuplai unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Salah satu unsur hara yang penting adalah nitrogen (N), yang harus diberikan secara teratur untuk menggantikan unsur hara yang ditambang dari tanah oleh tanaman. Penambahan pupuk nitrogen yang berlebihan ke dalam tanah, selain tidak ekonomis, juga dapat mencemari perairan. Penyerapan nitrogen oleh tanaman tergantung pada ketersediaan nitrogen dalam tanah. Ketersediaan nitrogen tersebut dapat dipengaruhi oleh proses kimia dan biologis. Menurut Lindsay (1979) dan Tisdale *et al.* (1990) dalam keadaan reduksi, N diserap tanaman dalam

<sup>1</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor

bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), sedangkan dalam keadaan oksidasi dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Menurut Tan (1982), bila tanah mengandung sebagian mineral bermuatan tidak tetap, maka amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dapat teradsorpsi oleh kompleks pertukaran kation dan anion. Tetapi bentuk nitrat ini mempunyai ikatan yang paling lemah dibandingkan dengan fosfat dan sulfat, sehingga nitrat lebih mudah terlepas dari kompleks pertukaran anion dan tercuci. Dengan adanya bahan organik yang dapat meningkatkan KTK tanah dan menjaga kelembapan tanah, maka bentuk amonium diharapkan dapat bertahan lebih lama di dalam tanah. Sehubungan dengan pupuk nitrogen yang sangat labil, diperkirakan banyak nitrogen yang hilang, di antaranya terbawa aliran permukaan (*run-off*), menguap (*volatilization*) dan meresap ke bawah (*leaching*). Menurut Stangel *et al.* (1985) dan Rochayati *et al.* (1990) kehilangan nitrogen melalui penguapan dapat mencapai 70% tergantung pada KTK tanah dan tinggi genangan. Kehilangan nitrogen yang demikian tinggi tersebut menyebabkan hanya 10% saja yang diserap tanaman (de Datta *et al.*, 1981).

Penggunaan isotop  $^{15}\text{N}$  merupakan salah satu metode untuk memprediksi pergerakan nitrogen yang berasal dari pupuk. Menurut Elsyé *et al.* (1997), teknik isotop ini dapat digunakan untuk mempelajari: (a) efisiensi penggunaan pupuk, (b) waktu pemberian pupuk yang terbaik, (c) jenis pupuk yang berbeda, (d) fiksasi  $\text{N}_2$  udara oleh tanaman legum, dan (e) pola perakaran tanaman. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari perubahan bentuk N dan distribusinya, agar pupuk nitrogen yang diberikan tepat dan efisien.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada tahun anggaran (TA) 1999/2000 di laboratorium kimia dan rumah kaca Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan.

## Bahan

Penelitian menggunakan tiga jenis contoh tanah, yaitu Inceptisols dari Indramayu (Jawa Barat), Entisols dari Sleman (D.I. Yogyakarta) dan Vertisols dari Ngawi (Jawa Timur). Sumber nitrogen menggunakan urea prill (UP) dan pupuk majemuk (PM) yang mengandung N, P, K dengan rasio 20:20:10.

## Metode

### *Penelitian di laboratorium*

Untuk menduga seberapa jauh kehilangan nitrogen melalui penguapan, terbawa aliran permukaan, atau meresap ke dalam tanah, digunakan pot plastik yang sudah dirancang seperti tertera pada Gambar 1. Pot plastik yang digunakan sebanyak 27 buah. Setiap jenis tanah ditimbang 400 g dan dimasukkan ke dalam pot plastik, kemudian diberi satu gram bahan organik, ditambah air sampai tergenang, diaduk dan diinkubasi selama satu minggu. Setelah diberi  $0,02 \text{ g } ^{15}\text{N}$ , dan diaduk, kemudian pot ditutup rapat dan diinkubasi satu minggu. Tanah diberi pupuk dasar SP-36 setara  $0,04 \text{ g P}$ , dan KCl setara  $0,02 \text{ g K}$ , kecuali untuk perlakuan pupuk majemuk tidak diberi pupuk dasar SP-36 dan KCl, karena pupuk majemuk tersebut sudah mengandung P dan K. Setelah itu, setiap jenis tanah diberi perlakuan. Perlakuan pertama kontrol (tanpa diberi pupuk N), kedua dengan penambahan urea prill, dan ketiga diberi pupuk majemuk yang masing-masing setara dengan  $0,04 \text{ g N}$  (Tabel 1). Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, 4, 7, 14, dan 28, dengan cara mengukur jumlah N yang diperoleh dari: (1) larutan tanah (melalui *ceramik pipe*); (2) larutan genangan disedot sebanyak 25 ml, dan (3) larutan yang meresap ke bawah. Ketiganya dianalisis  $\text{NH}_4^+$  dengan *Autoanalyzer*,  $\text{NO}_3^-$  dengan spektrofotometer dan  $^{15}\text{N}$  dikirim ke BATAN, sedangkan yang menguap ditampung dengan  $0,02 \text{ N HCl}$  dan dititer dengan  $0,02 \text{ N NaOH}$ , selanjutnya dikirim ke BATAN untuk dianalisis  $^{15}\text{N}$  nya. Bersamaan dengan saat panen

penelitian di rumah kaca, tanah di dalam pot diambil contohnya untuk dianalisis N-total,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $^{15}\text{N}$ .

**Tabel 1.** Perlakuan penelitian dinamika hara di laboratorium

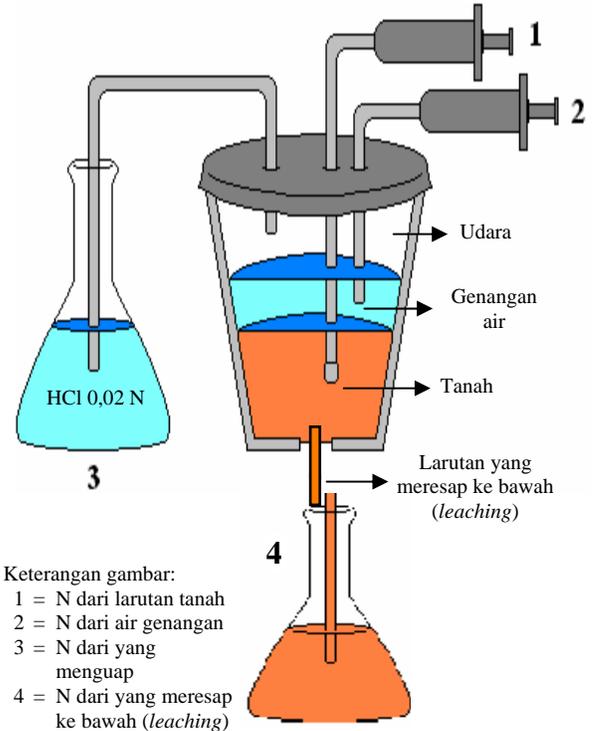
**Table 1.** Nitrogen dynamics treatments at laboratory

Perlakuan	Kode	Penambahan pada 400 g tanah					
		Pupuk majemuk	Urea prill	$^{15}\text{N}$	Bahan organik <sup>a</sup>	P	K
		..... g N .....			..... g .....		
Kontrol	K	0	0	0,02	1	0,04	0,02
Urea prill	UP	0	0,04	0,02	1	0,04	0,02
Pupuk majemuk	PM	0,04	0	0,02	1	0	0

<sup>a</sup> Berupa kompos

**Penelitian di rumah kaca**

Untuk menduga seberapa jauh nitrogen yang diserap tanaman, digunakan pot yang diisi tanah dengan tanaman indikator padi varietas IR-64. Pot yang digunakan sebanyak 27 buah. Setiap pot diisi 7,5 kg tanah ditambah 18,75 g bahan organik, diberi air sampai tergenang. Tanah di dalam pot diaduk, ditutup dengan plastik hitam dan diinkubasi selama satu minggu. Setelah itu diberi 0,5 g  $^{15}\text{N}$  dan diaduk serta ditutup kembali dengan plastik hitam untuk diinkubasi lagi selama satu minggu. Tanah diberi pupuk dasar SP-36 yang setara dengan 0,5 g P dan KCl yang setara dengan 0,25 g K. Perlakuan pertama adalah kontrol (tanpa diberi pupuk N), kedua ditambah urea prill, dan ketiga ditambah pupuk majemuk, masing-masing setara dengan 0,5 g N (Tabel 2). Setelah diaduk, pot ditutup kembali dengan plastik hitam. Keesokan harinya pot ditanami padi varietas IR-64. Setiap dua minggu diamati tinggi tanaman padi sampai umur delapan minggu. Setelah panen, dilakukan analisis tanaman meliputi N-total dan  $^{15}\text{N}$ , dan analisis tanah meliputi N-total,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $^{15}\text{N}$ .



**Gambar 1.** Skema pengambilan contoh nitrogen di laboratorium

**Figure 1.** Nitrogen sampling scheme in laboratory

**Tabel 2.** Perlakuan penelitian dinamika hara nitrogen di rumah kaca

**Table 2.** Nitrogen dynamics treatments at green house

Perlakuan	Kode	Penambahan pada 7,5 kg tanah					
		Pupuk majemuk	Urea prill	$^{15}\text{N}$	Bahan organik	P	K
		..... g N .....			..... g .....		
Kontrol	K	0	0	0,05	18,75	0,05	0,25
Urea prill	UP	0	0,05	0,05	18,75	0,05	0,25
Pupuk majemuk	PM	0,05	0	0,05	18,75	0	0

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai sifat kimia yang beragam (Tabel 3). Menurut kriteria Pusat Penelitian Tanah (1995), tanah-tanah tersebut mempunyai pH sangat masam sampai netral, C dan N rendah, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potensial rendah sampai tinggi, sedangkan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia rendah sampai sedang dan KTK rendah sampai tinggi. Akibatnya pergerakan nitrogen akan berbeda pula.

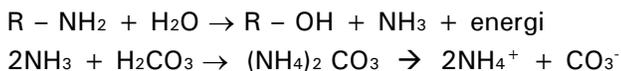
**Percobaan laboratorium**

Pada air genangan, larutan tanah maupun yang meresap ke bawah, N yang berasal dari pupuk majemuk lebih kecil daripada N yang berasal dari pupuk urea, baik dalam bentuk amonium maupun nitrat (Gambar 2 - 6). Hal ini disebabkan penguraian pupuk urea lebih cepat dibandingkan dengan pupuk majemuk, karena N pada pupuk majemuk saling berikatan dengan hara lain yaitu P dan K. Hal ini sesuai dengan pengamatan Foth (1988).

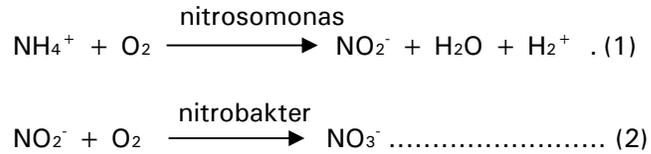
*Tanah Entisols*

Kadar amonium dalam air genangan, larutan tanah maupun yang meresap ke bawah pada tanah Entisols lebih tinggi daripada nitrat (Gambar 2 - 4), tetapi dalam air genangan, nitrat lebih tinggi daripada amonium pada hari ke-14 dan ke 28 (Gambar 2). Hal ini disebabkan nitrogen dari pupuk majemuk maupun urea akan membentuk amonium lebih dulu, baru kemudian nitrat. Selain itu, Entisols mengandung pasir relatif tinggi, dan KTK rendah (Tabel 3), sehingga amonium langsung lepas ke air genangan, tetapi setelah hari ketujuh, amonium mengalami proses nitrifikasi, sehingga yang dilepaskan ke dalam air genangan adalah nitratnya.

Nitrogen dalam air genangan dari hari kesatu hingga ketujuh mengalami proses mineralisasi yang menurut Foth (1988) sebagai berikut :



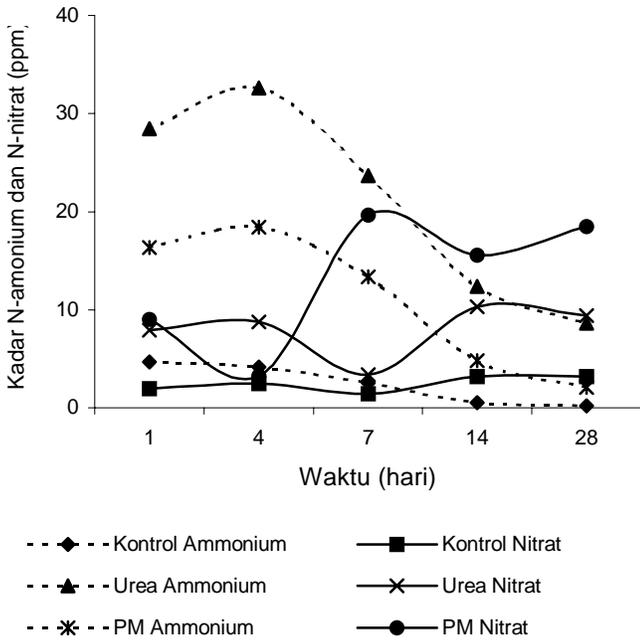
Selanjutnya pada hari ke-14 dan ke-28 nitrogen pada air genangan telah mengalami proses nitrifikasi yang reaksinya menurut Foth (1988) adalah:



**Tabel 3. Sifat-sifat kimia tanah sebelum perlakuan**

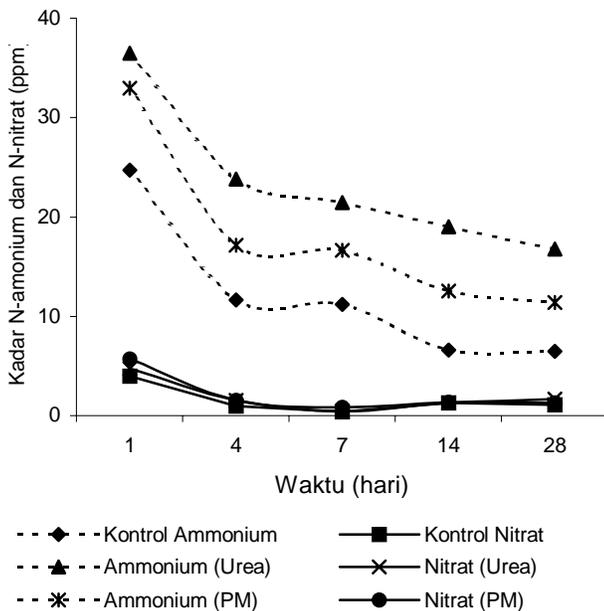
*Table 3. Chemical soil properties before treatments*

Parameter	Jenis tanah		
	Entisols (Sleman)	Inceptisols (Indramayu)	Vertisols (Ngawi)
<b>Tekstur</b>			
Pasir (%)	46	2	1
Debu (%)	34	30	22
Liat (%)	20	68	77
<b>PH</b>			
H <sub>2</sub> O	5,5	5,1	6,6
KCl	4,5	4,1	5,8
<b>C-organik (%)</b>	1,19	1,81	1,67
<b>N-total (%)</b>	0,13	0,17	0,17
<b>C/N</b>	9	11	10
<b>Ekstraksi HCl 25%</b>			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	47	127	99
K <sub>2</sub> O (mg/100g)	14	32	12
<b>Ekstraksi Olsen</b>			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	-	-	132,3
K <sub>2</sub> O (ppm)	20,4	14,2	-
<b>Retensi P (%)</b>	46,6	69,9	92,0
<b>NTK (NH<sub>4</sub> OAc pH7)</b>			
Ca (me/100 g)	7,66	19,04	46,77
Mg (me/100 g)	2,75	8,74	14,02
K (me/100 g)	0,20	0,57	0,33
Na (me/100 g)	0,26	0,55	0,65
Jumlah (me/100 g)	10,87	28,90	61,77
KTK (me/100 g)	11,24	33,04	49,05
KB (%)	97	87	>100
<b>Keasaman (KCl 1 M)</b>			
Al <sup>3+</sup> (me/100 g)	0,26	0,19	0,42
H <sup>+</sup> (me/100 g)	0,13	0,11	0,11
<b>Dithionit</b>			
Fe (%)	0,89	1,79	0,26
Al (%)	0,11	0,26	0,16
<b>Kelas tekstur</b>	lempung	liat	liat berat



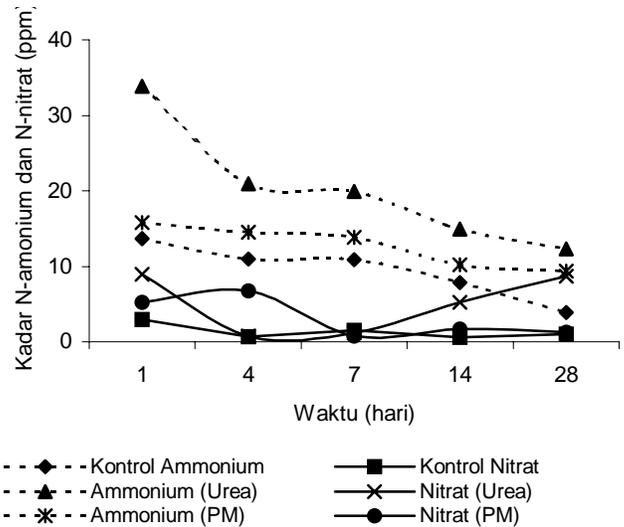
**Gambar 2.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari air genangan pada tanah Entisols

**Figure 2.** *NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on standing water of Entisols*



**Gambar 3.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari larutan tanah Entisols

**Figure 3.** *NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on soluble soil of Entisols*



**Gambar 4.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam air yang meresap ke bawah pada tanah Entisols

**Figure 4.** *NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on percolated water of Entisols*

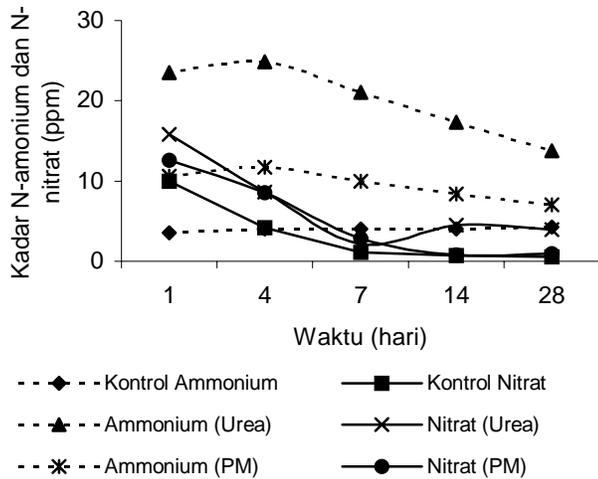
Kadar N-amonium dan N-nitrat larutan tanah Entisols sejak hari kesatu hingga hari ke-28 terus menurun, tetapi N-amonium masih lebih tinggi dibandingkan dengan kadar N-nitrat (Gambar 3). Hal ini disebabkan karena tanah sawah yang sering tereduksi, sehingga nitrogen akan tetap tersedia dalam bentuk amonium seperti yang dinyatakan oleh Tan (1982).

Demikian pula kadar N-amonium dan nitrat dari larutan tanah Entisols yang meresap ke bawah, sejak hari kesatu hingga hari ke-28 terus menurun. Penurunan ini disebabkan karena tanah Entisols mempunyai kandungan pasir tinggi dan KTK rendah, sehingga larutan tanah mudah untuk meresap ke bawah (Gambar 4).

*Tanah Inceptisols*

Kadar N-amonium tanah Inceptisols dalam air genangan sejak hari kesatu hingga keempat meningkat, namun setelah itu terus menurun. Sebaliknya, kadar N-nitrat air genangan dari hari kesatu hingga hari ketujuh menurun dan pada hari ke-14 meningkat, selanjutnya mendatar (Gambar

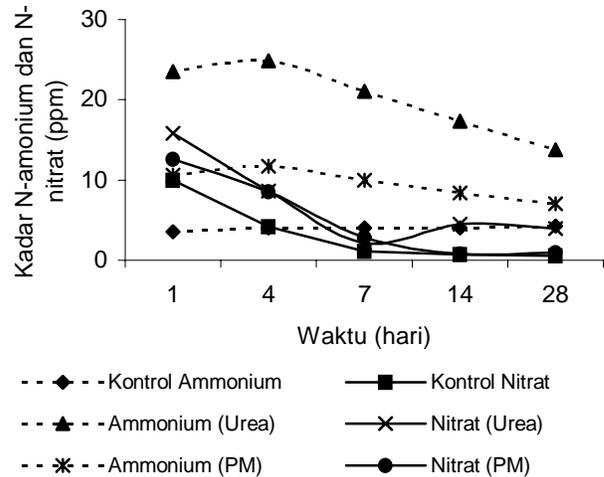
5). Hal ini disebabkan karena tanah Inceptisols mengandung liat dan KTK tinggi, sehingga setelah hari keempat, nitrogen diduga diikat oleh tanah, dan pada hari ketujuh amonium mengalami proses nitrifikasi oleh bakteri nitrobakter dalam tanah, sehingga nitrat mengalami peningkatan pada hari ketujuh.



**Gambar 5.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam air genangan pada tanah Inceptisols

**Figure 5.** *NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on standing water of Inceptisols*

Kadar N-amonium larutan tanah Inceptisols menunjukkan fluktuasi, yaitu turun sampai hari keempat, meningkat sedikit sampai hari ketujuh dan turun kembali pada hari ke-14, tetapi naik pada hari ke-28 (Gambar 6). Hal ini terjadi karena tanah Inceptisols mengandung kadar liat dan KTK tinggi, sehingga sampai hari keempat berlangsung proses pengikatan amonium, tetapi setelah itu dilepaskan kembali akibat proses keseimbangan sampai hari ketujuh. Selain itu, karena tanah Inceptisols mengandung liat dan KTK tinggi, maka kembali terjadi pengikatan sementara sampai hari ke-14, setelah itu dilepas kembali.



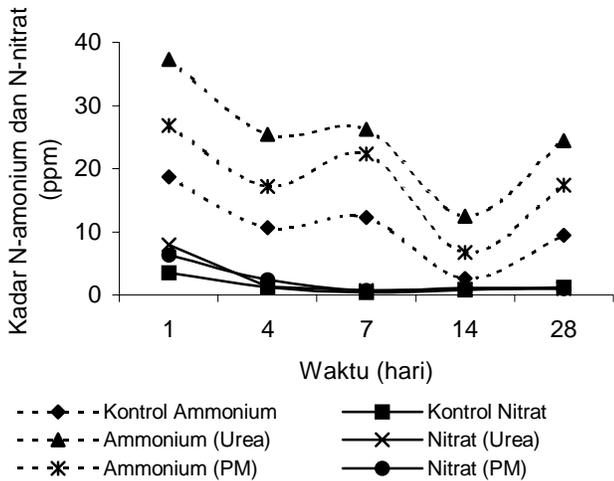
**Gambar 6.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari larutan tanah Inceptisols

**Figure 6.** *NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on soluble soil of Inceptisols*

Hasil analisis larutan tanah yang meresap ke bawah menunjukkan bahwa kadar amonium dari hari kesatu hingga ketujuh mengalami peningkatan, selanjutnya menurun kembali, tetapi kadar nitratnya dari hari kesatu terus menurun (Gambar 7). Hal ini terjadi karena tekstur tanah Inceptisols lebih halus, dapat menahan air lebih lama dibandingkan Entisols, sehingga dalam kondisi reduksi, amonium tersedia lebih banyak.

*Tanah Vertisols*

Kadar N-amonium dalam air genangan tanah Vertisols lebih rendah daripada kadar N-nitrat, karena tanah Vertisols mempunyai mineral variabel, sehingga NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan nitrat dapat teradsorpsi. Sedangkan kadar N-nitrat, turun hingga hari keempat, tetapi naik lagi sampai hari ketujuh, kemudian turun sampai hari ke-14, dan pada hari ke-28 naik sedikit (Gambar 8). Hal ini terjadi, karena tanah Vertisols mengandung liat berat dan KTK sangat tinggi. Akibatnya, N dari pupuk yang mengalami perubahan menjadi amonium tidak langsung lepas ke air genangan, tetapi langsung diikat oleh tanah dan mengalami nitrifikasi.



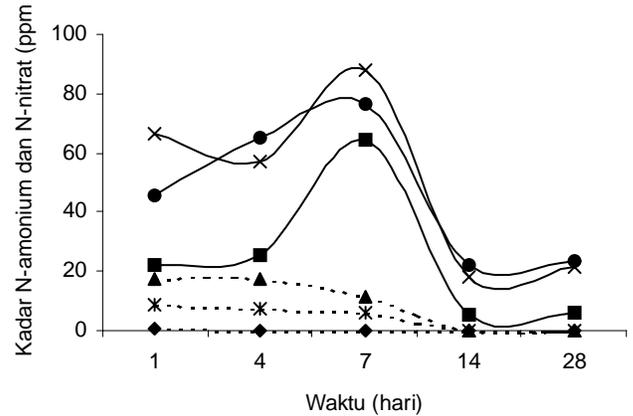
**Gambar 7.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam air yang meresap ke bawah pada tanah Inceptisols

*Figure 7. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on percolated water of Inceptisols*

Berkurangnya kadar nitrat hingga hari keempat, selanjutnya naik lagi sampai hari ketujuh, kemudian turun sampai hari ke-14, dan naik sedikit pada hari ke-28, disebabkan karena tanah Vertisols mempunyai muatan variabel, sehingga NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dapat terabsorpsi kompleks pertukaran kation dan anion. Tetapi karena bentuk nitrat mempunyai ikatan yang paling lemah, maka nitrat lebih mudah terlepas dari kompleks pertukaran anion dan lepas ke air genangan.

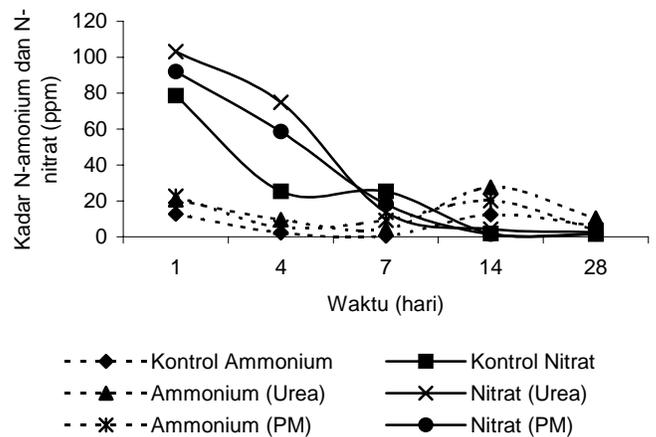
Kadar NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dalam larutan tanah Vertisols menunjukkan bahwa pada hari kesatu hingga ketujuh lebih kecil daripada nitrat dan kadar NH<sub>4</sub> menurun, tetapi pada hari ke-14 naik dan pada hari ke-28 turun kembali, sedangkan kadar N-nitrat sejak hari kesatu hingga ke-28 terus menurun (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa pada hari kesatu hingga ketujuh, nitrogen yang diberikan ke dalam tanah mengalami nitrifikasi. Perubahan dari proses mineralisasi, yakni merubah N-organik menjadi amonium, kemudian proses oksidasi, enzimatis amonium diubah menjadi nitrat, berlangsung cepat karena tanah Vertisols mempunyai pH netral dan KTK yang sangat tinggi (Foth, 1988). Pada hari ke-14, kadar nitrat berkurang dan kadar

amonium lebih tinggi. Karena sejak hari ketujuh nitrogen mengalami proses denitrifikasi yang kemudian dilanjutkan dengan proses fiksasi nitrogen, maka nitrat yang ada pada hari ketujuh direduksi menjadi bentuk gas (N<sub>2</sub>), setelah itu gas yang terbentuk mengalami perubahan menjadi amonium.



**Gambar 8.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari air genangan pada tanah Vertisols

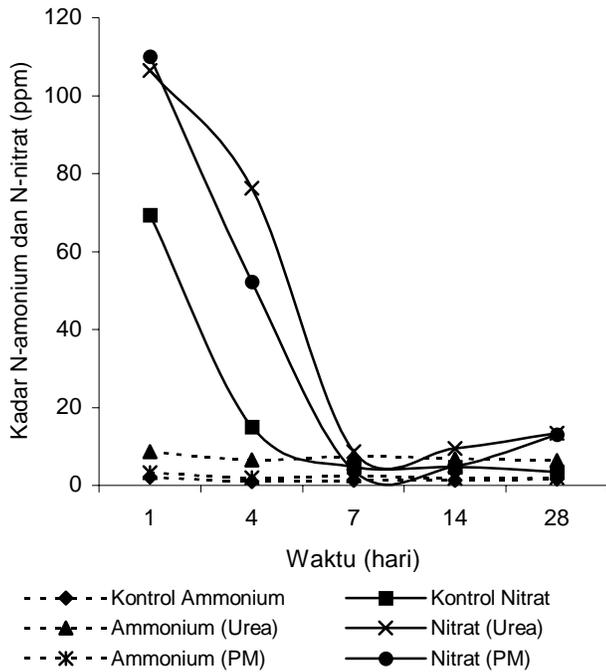
*Figure 8. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on standing water of Vertisols*



**Gambar 9.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari larutan tanah pada tanah Vertisols

*Figure 9. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on soluble soil of Vertisols*

Pada tanah Vertisols, kadar N-amonium yang meresap ke bawah menunjukkan dari hari kesatu hingga ke-28 lebih kecil dibandingkan dengan N-nitratnya. Kadar nitrat tersebut sampai hari ketujuh turun, kemudian meningkat sedikit (Gambar 10), karena larutan NH<sub>4</sub> meresap melalui kisi-kisi tanah. Tetapi, karena kandungan liat dan KTK tanah Vertisols tinggi, maka hambatannya semakin besar, dan kesempatan perubahan dari amonium menjadi nitrat juga semakin besar, sehingga yang tercuci lebih banyak adalah nitrat.



**Gambar 10.** Dinamika N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam air yang meresap ke bawah pada tanah Vertisols

**Figure 10.** NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N dynamics on percolated water of Vertisols

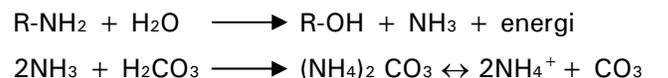
Penggunaan isotop <sup>15</sup>N dapat memprediksi pergerakan nitrogen yang berasal dari pupuk. Dalam air genangan, persentase nitrogen dari pupuk urea pada hari kesatu dan keempat jauh lebih besar dari pupuk majemuk, baik pada tanah Entisols, Inceptisols maupun Vertisols. Dalam hal ini, pupuk urea lebih cepat terurai dibandingkan dengan pupuk majemuk, karena urea merupakan

pupuk N tunggal, sedangkan pupuk majemuk merupakan pupuk N yang berikatan dengan P dan K, sehingga relatif lebih sulit terurai. Persentase nitrogen dalam air genangan yang berasal dari pupuk urea, tertinggi pada tanah Vertisols pada hari kesatu (31,72%) dan hari keempat (16,60%) (Tabel 4 dan 5) akibat pH tanah Vertisols yang tinggi. Menurut Rowell (1995), ion amonium pada kondisi alkali berubah menjadi molekul amonia, sehingga dapat dibebaskan ke atmosfer. Sedangkan persentase nitrogen dari pupuk urea yang berada dalam larutan tanah dan air yang meresap ke bawah tidak berbeda nyata pada masing-masing jenis tanah.

Kadar nitrogen yang menguap pada hari kesatu dari ketiga jenis tanah sawah yang digunakan tidak berbeda nyata, baik untuk setiap perlakuan yang diberikan maupun masing-masing jenis tanah. Namun pada hari keempat terdapat perbedaan yang nyata dari semua perlakuan yang diberikan, dan terdapat perbedaan antara kadar N pada tanah Entisols dan kadar N pada tanah Inceptisols dan Vertisols, tetapi tidak ada perbedaan yang nyata antara tanah Inceptisols dan Vertisols (Tabel 6).

Kemungkinan hal ini terjadi karena pada hari kesatu baru terjadi proses penguraian pupuk, baik pupuk urea maupun pupuk majemuk, sehingga tidak ada perbedaan yang nyata antara persentase nitrogen pupuk urea dan pupuk majemuk, maupun antara persentase nitrogen pada ketiga jenis tanah tersebut. Pada hari keempat, kadar NH<sub>3</sub> dari pupuk dalam air genangan rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan kadar NH<sub>3</sub> dalam air genangan di hari yang lain. Proses tersebut merupakan reaksi bertahap, yang pada tahap awal menghasilkan gas amonia sebelum menjadi amonium, sehingga kadar amonia yang dilepas tertinggi pada hari keempat tersebut.

Reaksi nitrogen mengalami proses amonifikasi menurut Rowell (1995) :



**Tabel** Dinamika hara nitrogen pada hari kesatu dalam air genangan, larutan tanah, dan yang tercuci (meresap) pada percobaan di laboratorium

4.

**Table** Nitrogen dynamics at day-1 on standing water soil, soil solution, and percolated water at laboratory experiment

Jenis tanah/ Perlakuan	Air genangan				Larutan tanah				Larutan yang tercuci ( <i>leaching</i> )			
	N-total		Nitrogen dari pupuk		N-total		Nitrogen dari pupuk		N-total		Nitrogen dari pupuk	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
<b>Entisols</b>												
Kontrol	2,00 ba**	-	-	-	8,60 bb	-	-	-	5,01 bb	-	-	-
Urea	11,24 ba	78,31 aa	8,80 aa	22,00 aa	12,37 ba	37,36 aa	4,62 ba	11,55 ba	11,64 ba	36,65 aa	4,27 aa	10,66 aa
PM*	5,37 bc	48,32 ab	2,77 ab	6,93 ab	11,61 ba	15,31 aa	1,77 ba	4,44 ba	6,31 bc	36,65 aa	2,31 aa	5,78 aa
<b>Inceptisols</b>												
Kontrol	4,04 bb	-	-	-	6,47 bb	-	-	-	4,02 bb	-	-	-
Urea	11,81 ba	69,37 aa	8,19 aa	20,48 aa	13,60 bb	11,59 aa	1,57 ba	3,94 ba	11,19 ba	14,68 ca	1,64 aa	4,11 aa
PM*	6,79 bc	50,74 ab	3,54 ab	8,85 ab	9,93	13,03 aa	1,29 ba	3,32 ba	9,15 bc	24,78 ca	2,27 aa	5,67 aa
<b>Vertisols</b>												
Kontrol	6,72 ab	-	-	-	26,37 ab	-	-	-	21,44 ab	-	-	-
Urea	25,23 aa	50,31 ba	12,69 aa	31,72 aa	36,66 ab	33,02 aa	12,10 aa	30,26 aa	34,51 aa	12,08 ba	4,17 aa	10,42 aa
PM*	16,33 ac	30,37 bb	5,02 ab	12,50 ab	35,46 aa	28,16 aa	9,98 aa	24,96 aa	33,96 ac	5,23 ba	1,77 aa	4,44 aa

\* PM = pupuk majemuk

\*\* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

**Tabel** Dinamika hara nitrogen pada hari keempat dalam air genangan, larutan tanah, dan yang tercuci pada percobaan di laboratorium

5.

**Table** Nitrogen dynamics at day-4 on standing water soil, soil solution and percolated water at laboratory experiment

Jenis tanah/ perlakuan	Air genangan				Larutan tanah				Larutan yang tercuci ( <i>leaching</i> )			
	N-total		Nitrogen dari pupuk		N-total		Nitrogen dari pupuk		N-total		Nitrogen dari pupuk	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
<b>Entisols</b>												
Kontrol	1,81 bb**	-	-	-	5,56 ba	-	-	-	4,39 aa	-	-	-
Urea	10,93 ba	60,73 aa	6,64 ba	16,60 aa	6,72 ba	41,05 aa	2,76 aa	6,90 aa	5,44 aa	19,75 aa	1,07 ba	2,69 ba
PM*	6,49 ba	33,35 ab	2,29 bb	5,73 ab	7,62 ba	27,35 aa	2,08 aa	5,21 aa	6,52 aa	23,90 aa	1,56 ba	3,90 ba
<b>Inceptisols</b>												
Kontrol	2,47 bb	-	-	-	3,55 ba	-	-	-	1,64 aa	-	-	-
Urea	10,05 ba	57,87 ca	5,82 ba	14,55 ba	5,83 ba	16,02 ca	0,93 aa	2,33 aa	4,20 aa	34,48 aa	1,45 ba	3,62 ba
PM*	6,08 ba	29,72 cb	1,81 bb	4,53 bb	7,82 ba	13,99 ca	1,09 aa	2,84 aa	6,29 aa	25,25 aa	1,58 ba	3,97 ba
<b>Vertisols</b>												
Kontrol	7,64 ab	-	-	-	8,28 aa	-	-	-	4,80 aa	-	-	-
Urea	22,33 aa	50,31 ba	11,92 aa	16,60 ab	28,80 aa	10,12 ba	1,94 aa	4,86 aa	16,22 aa	35,87 aa	5,82 aa	14,54 aa
PM*	21,70 aa	24,80 bb	5,38 ab	5,73 ab	13,45 aa	8,13 ba	2,07 aa	5,19 aa	24,84 aa	21,37 aa	5,31 aa	13,27 aa

\* PM = pupuk majemuk

\*\* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

**Tabel 6. Kadar amonia (NH<sub>3</sub>) pada hari ke-1 sampai hari ke-105 (panen)**

**6. Table Ammonium (NH<sub>3</sub>) concentration at day-1 till day-105 (harvested)**

Jenis tanah/ perlakuan	Kadar NH <sub>3</sub> yang menguap pada hari ke-					
	1	4	7	14	28	105
..... mg/100 g tanah .....						
Entisols						
Kontrol	0,13 aa*	0,10 ab	0,08 aa	0,07 aa	0,08 ca	1,33 aa
Urea	0,13 aa	0,15 aa	0,08 aa	0,08 aa	0,08 ca	1,34 aa
PM**	0,15 aa	0,14 ac	0,07 aa	0,07 aa	0,09 ca	1,37 aa
Inceptisols						
Kontrol	0,07 aa	0,16 bb	0,09 aa	0,16 aa	0,07 ba	1,31 aa
Urea	0,17 aa	0,18 ba	0,11 aa	0,08 aa	0,07 ba	1,38 aa
PM**	0,19 aa	0,16 bc	0,08 aa	0,09 aa	0,07 ba	1,34 aa
Vertisols						
Kontrol	0,12 aa	0,13 bb	0,07 aa	0,07 aa	0,09 aa	1,32 aa
Urea	0,14 aa	0,15 ba	0,09 aa	0,09 aa	0,11 aa	1,35 aa
PM**	0,16 aa	0,14 bc	0,09 aa	0,07 aa	0,08 aa	1,36 aa

\* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

\*\* PM = pupuk majemuk

**Percobaan rumah kaca**

Dari hasil pengamatan isotop <sup>15</sup>N, ternyata N yang berasal dari pupuk dalam tanah pada pot setelah panen sudah habis, seperti yang ditunjukkan oleh persentase atom eksese <sup>15</sup>N (% a.e.<sup>15</sup>N) sudah 0 (Tabel 7). Ini berarti, N tersebut

sudah diserap tanaman atau hilang menguap. Penyerapan N yang berasal dari pupuk oleh tanaman padi di lahan sawah pada tanah Inceptisols adalah yang tertinggi, dengan penambahan pupuk urea 78,0% dan terendah pada tanah Entisols dengan penambahan pupuk urea 17,2% (Tabel 8).

**Tabel 7. Kadar N-total dan a.e.<sup>15</sup>N tanah sebelum dan sesudah penanaman**

**7. Table Total-N concentration and a.e. soil <sup>15</sup>N before and after planting**

Jenis tanah	Kadar N-total tanah				a.e. <sup>15</sup> N <sup>b</sup>
	Sebelum Penanaman	Setelah penanaman			
		Kontrol	Urea	PM <sup>a</sup>	
..... % .....					
Entisols	0,13	0,12	0,16	0,13	0,00
Inceptisols	0,17	0,12	0,15	0,15	0,00
Vertisols	0,12	0,12	0,13	0,13	0,00

<sup>a</sup> PM = pupuk majemuk

<sup>b</sup> a.e.<sup>15</sup>N = atom excess of <sup>15</sup>N

Hal ini terjadi karena pupuk urea mudah terurai dan tanah Inceptisols mempunyai liat tinggi, sehingga N dapat dijerap oleh tanah yang akan dapat menyediakan N tersebut untuk tanaman. Sedangkan tanah Entisols mengandung pasir yang tinggi, sehingga N yang terurai sedikit diikat oleh

**Tabel 8. Kadar N-total, a.e.<sup>15</sup>N dan N dari pupuk pada percobaan di rumah kaca**

**8. Table Total-N concentration, a.e. of <sup>15</sup>N, and nitrogen from fertilizer at green house experiment**

Jenis tanah	Jerami			Gabah			Total
	N-total	a.e. <sup>15</sup> N <sup>a</sup>	N dari pupuk	N-total	a.e. <sup>15</sup> N	N dari pupuk	N dari pupuk
..... % .....							
Entisols							
Kontrol	0,42 ac*	0,39 aa	-	1,23 ac	0,70 aa	-	17,20 aa
Urea	0,64 aa	0,32 ab	6,10 aa	1,11 aa	0,58 ac	11,10 aa	48,06 aa
PM**	0,56 ab	0,26 ab	8,92 aa	1,12 ab	0,23 ab	39,14 aa	-
Inceptisols							
Kontrol	0,42 ac	0,72 aa	-	1,20 bc	0,56 aa	-	78,00 aa
Urea	0,64 aa	0,41 ab	29,44 aa	1,54 ba	0,35 ac	48,56 aa	65,42 aa
PM	0,56 ab	0,37 ab	21,78 aa	1,34 bb	0,36 ab	43,64 aa	-
Vertisols							
Kontrol	0,42 ac	0,76 aa	-	1,23 ac	0,65 aa	-	-
Urea	0,64 aa	0,32 ab	29,14 aa	1,11 aa	0,53 ac	15,86 aa	45,00 aa
PM	0,56 ab	0,30 ab	20,34 aa	1,12 ab	0,42 ab	29,94 aa	50,28 aa

<sup>a</sup> a.e.<sup>15</sup>N = atom excess of <sup>15</sup>N

\* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan

\*\* PM = pupuk majemuk

tanah yang berakibat N mudah hilang. Hal ini didukung hasil pengamatan pergerakan N di laboratorium. Pergerakan N pada larutan tanah Inceptisols turun naik, yang berarti N dapat diikat sementara oleh tanah dan dapat dilepaskan kembali untuk persediaan hara N bagi tanaman. Tetapi pergerakan N pada larutan tanah Entisols terus menurun, yang berarti N semakin sedikit bagi tanaman.

Hal ini terjadi, karena pupuk urea mudah terurai dan tanah Inceptisols mempunyai liat tinggi, sehingga N dapat dijerap tanah, yang dapat menyediakan N tersebut untuk tanaman. Sedangkan tanah Entisols mengandung pasir yang tinggi, sehingga N yang terurai sedikit diikat oleh tanah, akibatnya N mudah hilang. Kenyataan ini didukung oleh hasil pengamatan distribusi N di laboratorium, yang turun naik pada larutan tanah Inceptisols. Hal ini berarti bahwa N dapat diikat sementara oleh tanah dan dapat dilepaskan kembali untuk persediaan hara N bagi tanaman, tetapi pergerakan N pada larutan tanah Entisols terus menurun yang berarti N makin sedikit bagi tanaman.

### KESIMPULAN

1. Kadar amonium dalam air genangan pada tanah Entisols dan Inceptisols lebih tinggi daripada nitrat, dan kadar amonium ini meningkat sampai hari keempat, selanjutnya menurun. Sedangkan kadar nitrat menurun sampai hari keempat selanjutnya meningkat. Tetapi kadar amonium pada tanah Vertisols lebih rendah daripada nitrat, dan kadar nitrat ini meningkat sampai hari ketujuh, selanjutnya menurun. Sedangkan kadar amonium menurun terus.
2. Kadar amonium dalam larutan tanah pada tanah Entisols dan Inceptisols lebih tinggi daripada kadar nitrat, sedangkan kadar amonium pada tanah Entisols terus menurun, dan pada Inceptisols fluktuatif. Sedangkan kadar nitrat pada tanah Entisols meningkat sampai hari

keempat, selanjutnya menurun, dan pada tanah Inceptisols menurun terus.

3. Kadar amonium dalam larutan yang meresap ke bawah pada tanah Entisols dan Inceptisols, lebih tinggi daripada kadar nitrat. Sedangkan kadar amonium pada tanah Vertisols lebih rendah daripada nitrat.
4. Sampai dengan hari keempat, nitrogen yang berasal dari pupuk tertinggi terdapat dalam air genangan pada tanah Vertisols dengan penambahan pupuk urea prill, 31,71% pada hari kesatu dan 29,8% pada hari keempat.
5. Serapan N yang berasal dari pupuk, tertinggi pada tanah Inceptisols dengan penambahan urea prill 78,00%, dan yang terendah pada tanah Entisols juga dengan penambahan urea prill 17,20%.

### DAFTAR PUSTAKA

- De Datta S.K., P.J. Stangel, and E.T.Croswell. 1981.** Evaluation of nitrogen fertility and increasing fertilizer in wetland rice soils. p. 171-206 *In* Proceeding Symposium on Paddy Soils, Science Press. Beijing, People's Republic of China.
- Elsye, I., Sisworo, Haryanto, dan Havid Rasjid. 1997.** Penggunaan Teknik Nuklir untuk Mempelajari Hubungan Tanah-Tanaman. BATAN-Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Jakarta.
- Foth. H.D. 1988.** Dasar-dasar Ilmu Tanah. Diterjemahkan oleh Endang Dwi Purbayanti, Dwi Retno Lukiwadi, dan Rahayuning Trimelatsih. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 780 hlm.
- Lindsay, W.L. 1979.** Chemical Equilibria in Soils. A Wiley-Interscience, New York. 449 p.
- Leiwakabessy, F.M. 1988.** Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian IPB Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1995.** Penilaian Angka-angka Hasil Analisis Tanah. Brosur Pusat Penelitian Tanah. Bogor.

- Rochayati, S., Mulyadi, dan J. Sri Adiningsih. 1990.** Penelitian efisiensi penggunaan pupuk di lahan sawah. hlm. 107-144 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk. Cisarua, 12-13 Nopember 1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Rowell, D.L. 1995.** Soil Science. Methods and Application. Longman Scientific and Technical, London.
- Stangel, P.J., M. Sudjadi, and T.O. Brien, 1985.** Summary and Recommendation of Workshop on Urea Deep-Placement Technology. Organized by CSR in Cooperation with IFDC. Special Publication SP-6.
- Tan, K.H. 1982.** The Principle of Soil Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York and Basal. 267 p.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1990.** Soil Fertility and Fertilizer. Mc Millan Publishing Company. London.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1992.** Penggunaan Uji Tanah dan Analisis Daun sebagai Dasar Rekomendasi Pemupukan. Makalah disajikan pada Seminar Optimalisasi Pengelolaan Kesuburan Tanah Perkebunan Kopi dan Kakao. Jember, Jawa Timur, 14 Janurai 1992.