

MITIGASI PELINDIAN NITRAT PADA TANAH INCEPTISOL MELALUI PEMANFAATAN BAHAN NITRAT INHIBITOR ALAMI

Mitigation of Nitrate Leaching in Inceptisol Soil Through the Use of Natural Nitrate Inhibitor

Joko Pramono¹, Djoko Prajitno², Tohari², Dja'far Shiddieq²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Jawa Tengah, Kotak Pos 101, Ungaran 50501

²Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur Yogyakarta 55281

Email: maspramono_64@yahoo.com

ABSTRAK

Pelindian NO_3^- merupakan salah satu mekanisme kehilangan N dalam aktivitas pertanian, yang dapat berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui penggunaan bahan alami sebagai nitrat inhibitor terhadap pelindian nitrat pada tanah Inceptisol. Pada penelitian ini diuji tiga jenis bahan nitrat inhibitor (NI) alami yang berasal dari; serbuk biji Mimba (SBM), serbuk kulit kayu bakau (SKKB), dan serbuk daun kopi (SDK), yang dikombinasikan dengan tiga taraf dosis NI, yaitu: 20 %, 30 % dan 40 % dari urea yang diberikan, dan ditambah satu perlakuan kontrol tanpa NI. Bahan nitrat inhibitor diberikan bersama urea pada permukaan tanah dalam pot percobaan yang telah dibasahi dengan air suling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan NI yang berbeda memberikan respon terhadap penghambatan nitrifikasi yang berbeda. Bahan NI yang berasal dari serbuk biji mimba memberikan tingkat penghambatan tertinggi sebesar (25,6 %), serbuk kulit kayu bakau sebesar (19,1 %), dan serbuk daun kopi sebesar 11,8 %. Bahan NI alami mampu menghambat nitrifikasi melalui penghambatan pertumbuhan bakteri nitrifikasi (pengoksida ammonium) yang bersifat sementara pada kisaran 7-14 hari setelah aplikasi. Perlakuan berbagai bahan dan dosis NI mampu menekan pelindian nitrat rata-rata pada kisaran antara 56,6 sampai 62,8 % dan berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol tanpa NI. Bahan NI yang mampu menurunkan rata-rata pelindian nitrat pada pengamatan 14 hari setelah aplikasi tertinggi adalah SBM sebesar 74,15 %. Dosis optimal dua bahan NI terpilih yang menunjukkan kinerja penghambatan nitrifikasi terbaik (SBM dan SKKB) pada 7 hsa, masing-masing 18,30 % ($R^2 = 0,694$) dan 21,67 % ($R^2=0.691$) dari dosis urea yang diberikan.

Kata kunci: Nitrifikasi, nitrat inhibitor, pelindian nitrat

ABSTRACT

NO_3^- leaching is one mechanism of N reduction in agricultural activity, which may contribute to environmental pollution. The purpose of this research is to investigate the use of natural products as nitrate inhibitors toward nitrate leaching in Inceptisol soil. In this study, three types of natural nitrate inhibitors (NI) derived from neem seed powder (NSP), mangrove bark powder (MBP), and coffee leaf powder (CLP) were tested combined with the three doses of NI, i.e. 20 %, 30 %, and 40 % of urea used were given. Moreover, a treatment without NI was used as a control. Material was supplied with urea nitrate inhibitor on the surface of the soil in the pot experiment that had been moistened with distilled water. Results showed that the nitrate inhibitors materials had different response to different nitrification inhibition. Nitrate inhibitors material derived from neem seed powder (NSP) had the highest inhibition rate of 25.6 %, while mangrove bark powder (MBP) and coffee leaf powder (CLP) had the rate of 9.1 % and 11.8 %, respectively. NI ingredients naturally capable of inhibiting nitrification through the inhibition of nitrifier growth (ammonium oxidizing) which was temporary in the range of 7-14 days after NI materials application. Treatment of different materials and NI doses suppressed the leaching of nitrate from 56.6 % to 62.8 % during 14 day after application. Treatment using different materials had significant effect compare to the control treatment without NI. Optimal dose of two selected NI materials showed the best performance of nitrification inhibition (NSP and MBP), i.e. 18.3% ($R^2 = 0.69$) and 21.67% ($R^2 = 0.69$) from a given dose of urea, respectively, 7 day after application,.

Keywords: Nitrification, nitrate inhibitors, nitrate leaching

PENDAHULUAN

Nitrogen (N) merupakan salah satu hara penting terkait dengan produktivitas tanaman budidaya. N terdapat di dalam tanah dalam bentuk organik dan anorganik. Pupuk urea, jika diberikan ke tanah akan dihidrolisis oleh enzim urease menjadi NH_4^+ , kemudian dioksidasi menjadi NO_3^- yang dapat tercuci atau mengalami denitrifikasi (Patra, 2009). Kehilangan N dalam berbagai bentuk seperti pelindian nitrat, kehilangan berupa gas ammonia, N_2 dan N_2O kira-kira 30-40 % dari N fiksasi dan pemupukan N (Edmeades, 2004). Bentuk N anorganik utama adalah NO_3^- dan NH_4^+ , dan hanya sedikit dalam bentuk NO_2^- (Hardjowigeno dan Rayes, 2005; Reddy dan DeLaune, 2008).

Kehilangan utama N dari sistem tanah-tanaman yaitu melalui volatilisasi ammonia, denitrifikasi, aliran permukaan, dan pelindian (De-Datta dan Buresh, 1989; Foth, 1991; Mikkelsen dkk., 1995, Sawyer, 2004). N merupakan unsur yang mobil di dalam tanah maupun tanaman (IRRI, 2006). Kehilangan N melalui pelindian dan aliran permukaan tergantung pada kondisi tanah (Tejasarwana dkk., 1986). Kehilangan N melalui pelindian dan emisi gas umumnya meningkat dengan peningkatan intensitas usahatani (Ledgard, 2001 dalam Edmeades, 2004).

Jumlah kehilangan N melalui pelindian kira-kira 20 %. Pelindian terjadi di sebagian besar tanah dalam bentuk NO_3^- (Johnson, 2007). Konsentrasi NO_3^- yang rendah pada tanah hutan sering digunakan sebagai atribut rendahnya laju nitrifikasi (Vitousek dkk., 1982 dalam Bengtsson dkk., 2002). Perlunya pengendalian nitrat dalam tanah, karena nitrat pada kondisi anaerobik merupakan substrat denitrifikasi yang dapat menghasilkan gas rumah kaca (N_2 dan N_2O), dan nitrat juga mudah terlindi dan mencemari lingkungan perairan. Pelindian NO_3^- mengakibatkan konsentrasi NO_3^- yang tinggi pada perairan dan dapat mencemari air tanah. Pencemaran NO_3^- pada perairan dapat membahayakan kesehatan manusia, dapat menyebabkan *methaemoglobinaemia*. Salah satu strategi untuk mengurangi cemaran nitrat pada perairan akibat penggunaan N yang tinggi akibat praktek budidaya pertanian adalah melalui penggunaan bahan penghambat nitrifikasi. Menurut Yan, dkk. (2008), penghambat nitrifikasi dapat mengendalikan perubahan bentuk dari NH_4^+ menjadi NO_2^- dan NO_3^- , menurunkan kehilangan NO_3^- melalui pelindian, dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan N. Penggunaan penghambat nitrifikasi sintetis pada pertanian di negara maju cukup berkembang, namun dilaporkan oleh Paul dan Clark (1989), dalam Purwanto (2007) bahwa penggunaan NI sintetis disamping harganya mahal juga berpengaruh negatif terhadap mikroba tanah non target, seperti bakteri penambat N_2 dan mikoriza. Untuk itu penelitian untuk mencari bahan-bahan

alami yang memiliki potensi sebagai penghambat nitrifikasi yang ramah lingkungan, perlu dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh beberapa bahan alami sebagai penghambat nitrifikasi dan kemampuannya mereduksi pelindian nitrat pada tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian tahap ke dua dari empat tahap penelitian (identifikasi dan seleksi bahan alami sebagai NI, penentuan dosis optimum NI, penelitian rumah kaca, dan uji lapangan), yang memiliki tujuan akhir untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan penghambat nitrifikasi terhadap efisiensi pemupukan N. Penelitian tahap ke dua ini berupa penelitian pot yang dilakukan dalam ruang laboratorium, dimaksudkan untuk menjaga agar faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap variabel yang diamati lebih dapat terkendali. Tanah yang digunakan dalam penelitian adalah Inceptisol lapisan atas (0-30 cm) yang diambil dari lokasi sawah di desa Tirirenggo, kecamatan Bantul, kabupaten Bantul, daerah Istimewa Yogyakarta. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (Gomez and Gomez, 1984), dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah sebagai berikut;

D0 = urea tanpa NI (240 mg urea pot⁻¹)

D1 = urea + NI serbuk kulit kayu bakau (SKKB) dosis 48 mg pot⁻¹

D2 = urea + NI serbuk kulit kayu bakau (SKKB) dosis 72 mg pot⁻¹

D3 = urea + NI serbuk kulit kayu bakau (SKKB) dosis 96 mg pot⁻¹

D4 = urea + NI serbuk daun kopi (SDK) dosis 48 mg pot⁻¹

D5 = urea + NI serbuk daun kopi (SDK) dosis 72 mg pot⁻¹

D6 = urea + NI serbuk daun kopi (SDK) dosis 96 mg pot⁻¹

D7 = urea + NI serbuk biji mimba (SBM) dosis 48 mg pot⁻¹

D8 = urea + NI serbuk biji mimba (SBM) dosis 72 mg pot⁻¹

D9 = urea + NI serbuk biji mimba (SBM) dosis 96 mg pot⁻¹

Prosedur pelaksanaan penelitian, meliputi tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan tanah Inceptisol kering angin dengan ukuran butir lolos saring 2 mm. Tanah dimasukkan ke dalam pot plastik (ukuran 15 cm x 17 cm) masing-masing seberat 1 kg, sebelum pengisian tanah dasar pot dilapisi kain kasa. Pot yang telah diisi tanah selanjutnya dijenuhi dengan air suling, masing-masing pot dengan volume air yang sama (500 ml). Pot perlakuan disusun pada meja laboratorium dengan tatakan piring plastik untuk menampung air pelindian.
2. Perlakuan diberikan ketanah dalam pot setelah tanah diinkubasi selama 7 hari. Masing-masing pot diberikan pupuk N yang bersumber dari Urea sebanyak 240 mg pot⁻¹. Bersamaan pemberian pupuk N diberikan bahan

penghambat nitrifikasi (NI) sesuai kode perlakuan dengan cara disebar merata di atas permukaan tanah, pada kondisi tanah basah. Untuk dosis NI 20 % (48 mg pot⁻¹), dosis NI 30 % (72 mg pot⁻¹) dan dosis NI 40 % (96 mg pot⁻¹).

- Selama penelitian berlangsung, pot perlakuan diberi air siraman dengan menggunakan air suling dengan volume yang sama dan kelembaban tanah pada pot perlakuan diupayakan pada kisaran kapasitas lapang. Pada 7, 14, 21 dan 28 hari setelah aplikasi NI, masing-masing pot perlakuan di lakukan pengambilan sampel air dan tanah untuk dianalisa kadar NO₃⁻ dan NH₄⁺ dan populasi bakteri nitrifikasi.

Data penelitian dikumpulkan melalui pengamatan terhadap (a) kadar NO₃⁻ dan NH₄⁺ dengan metode Kjeldahl, (b) populasi bakteri pengoksidasi NH₄ dan NO₂⁻ yang dihitung dengan metoda MPN (*Most Probable Number*) menurut Trolldenier (1995). Untuk data laju nitrifikasi dan persentase penghambatan nitrifikasi (PN) dihitung dengan menggunakan rumus (Zwain, 1996 dalam Alsaadawi, 2001):

$$\% \text{ Nitrifikasi} = \frac{\text{NO}_3}{(\text{NO}_3 + \text{NH}_4)} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\% \text{ PN} = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

dengan, A = nitrifikasi kontrol (tanpa perlakuan inhibitor)
 B = nitrifikasi pada perlakuan

Data-data yang didapat dari hasil pengamatan dianalisis dengan sidik ragam menurut rancangan acak lengkap, dengan menggunakan program SAS Versi 9.00. Untuk membandingkan rerata antar perlakuan dilakukan uji dengan *Orthogonal kontras* (Prajitno, 1988). Takaran optimum NI ditentukan berdasarkan kurva respon terhadap pemberian NI dengan takaran meningkat, dengan persamaan $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$. (Y= penghambatan nitrifikasi, X = NI), dihitung turunan terhadap persamaan kuadrat $dy/dx = 0$ (Meyers, 1971).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisika dan Kimia Tanah

Tanah Inceptisol yang digunakan untuk penelitian memiliki sifat fisika dan kimia tanah sebagai berikut; tekstur tanah terdiri dari fraksi pasir (62 %), debu (18 %) dan lempung (20 %) dan termasuk kelas tekstur lempung pasiran (*Sandy loam*) (Foth, 1991). Kandungan bahan organik (C-organik) tanah tergolong rendah > 1 %, kandungan P tersedia (Bray-2) tergolong sedang (20,31 ppm), dan K tersedia juga pada

aras yang sedang (0,39 me 100 g⁻¹). Reaksi tanah (pH) agak asam, kapasitas pertukaran kation (KPK) sebesar 20,31 me 100 g⁻¹ termasuk dalam harkat sedang. Hasil analisa BV dan BJ sampel tanah masing-masing sebesar 1,34 g cm⁻¹ dan 2,5 g cm⁻¹. Porositas tanah sebesar 46,46 % cukup besar dan hal ini akan banyak berpengaruh terhadap kemampuan tanah menyimpan air. Karakteristik tanah dengan tekstur didominasi fraksi pasir lebih dari 50 %, menurut Dierolf dkk. (2001) dimungkinkan kerugian akibat pelindian hara akan besar, untuk itu penting mengembalikan sisa tanaman untuk memperbaiki bahan organik tanah dan meningkatkan ketersediaan hara. Untuk itu dalam usaha pertanian, tanah-tanah yang memiliki sifat semacam ini perlu perhatian khusus dalam rangka meningkatkan efisiensi pupuk terutama N dalam rangka mengeliminir dampak negative terhadap lingkungan melalui cemaran nitrat dan emisi gas rumah kaca (GRK).

Nitrifikasi dan Pelindian Nitrat (NO₃⁻)

Nitrifikasi merupakan proses yang penting dalam siklus N tanah. Pupuk N yang bersumber dari urea, ketika diberikan ke dalam tanah akan segera terhidrolisis oleh urease menjadi NH₄⁺ yang kemudian teroksidasi menjadi NO₃⁻, selanjutnya dapat terlindi atau terdenitrifikasi (Kiran dan Patra, 2003; Patra dkk., 2009). Hasil pengamatan pada hari ke 7 dan 14 setelah aplikasi NI, pada perlakuan D0 (kontrol) pemberian urea tanpa NI menunjukkan nitrifikasi yang tertinggi dibandingkan perlakuan lain yang menggunakan berbagai bahan dan dosis NI alami (Tabel-1). Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol proses nitrifikasi berjalan normal tanpa hambatan, sedangkan pada berbagai perlakuan dosis dan bahan NI menunjukkan nitrifikasi yang lebih rendah dari kontrol, ini menunjukkan terjadinya penghambatan proses nitrifikasi dari kondisi normal.

Tabel 1. Rerata pengaruh berbagai macam bahan dan dosis NI terhadap nitrifikasi

Perlakuan	Nitrifikasi (%) pada hari ke			
	7 hsa NI	14 hsa NI	21 hsa NI	28 hsa NI
D0 (N tanpa NI)	81,5 ^a	86,0 ^a	87,0 ^a	92,4 ^a
D1 (SKKB 20 %)	61,4 ^{bc}	72,7 ^{ab}	85,6 ^a	89,8 ^a
D2 (SKKB 30 %)	64,7 ^{abc}	73,8 ^{ab}	76,0 ^a	87,0 ^a
D3 (SKKB 40 %)	76,9 ^{ab}	80,4 ^{ab}	86,6 ^a	90,8 ^a
D4 (SDK 20 %)	73,1 ^{ab}	82,3 ^{ab}	82,9 ^a	92,1 ^a
D5 (SDK 30 %)	78,1 ^{ab}	71,4 ^b	77,0 ^a	87,8 ^a
D6 (SDK 40 %)	63,3 ^{abc}	74,3 ^{ab}	84,8 ^a	90,1 ^a
D7 (SBM 20 %)	54,4 ^c	72,5 ^b	80,8 ^a	91,7 ^a
D8 (SBM 30 %)	63,3 ^{abc}	73,1 ^{ab}	84,4 ^a	90,9 ^a
D9 (SBM 40 %)	74,8 ^{ab}	79,2 ^{ab}	84,7 ^a	91,9 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan adanya tidak beda nyata pada taraf 5 % uji LSD.

Hasil analisis statistik terhadap konsentrasi NO_3 pada air menunjukkan adanya beda yang sangat nyata antara perlakuan pemberian bahan NI dengan tanpa NI (kontrol), pada pengamatan 7 dan 14 hari setelah aplikasi (hsa), sedangkan pada pengamatan 21 hsa dan 28 hsa semua perlakuan tidak berbeda nyata (Tabel-2). Hasil perhitungan rata-rata perlakuan berbagai bahan dan dosis NI mampu menekan kadar nitrat antara 56,6 % hingga 62,8 % , dan berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol tanpa NI. Kelompok bahan NI yang mampu menurunkan rata-rata kadar nitrat pada pengamatan 14 hsa tertinggi adalah SBM sebesar 74,15 % (Tabel-2).

Tabel 2. Pengaruh berbagai macam bahan dan dosis NI terhadap kadar NO

Perlakuan	Kadar NO_3 (ppm) pada hari ke			
	7 hsa NI	14 hsa NI	21 hsa NI	28 hsa NI
D0 (N tanpa NI)	54.1 a	82.8 a	55.8 a	64.2 a
D1 (SKKB 20 %)	14.0 b	28.0 b	45.9 a	46.9 a
D2 (SKKB 30 %)	23.6 b	40.1 b	32.2 a	48.5 a
D3 (SKKB 40 %)	19.6 b	28.7 b	44.3 a	50.6 a
D4 (SDK 20 %)	21.0 b	42.9 b	37.8 a	49.2 a
D5 (SDK 30 %)	30.8 b	19.4 b	33.4 a	43.9 a
D6 (SDK 40 %)	28.9 b	27.8 b	50.6 a	66.0 a
D7 (SBM 20%)	18.9 b	22.2 b	39.9 a	63.7 a
D8 (SBM 30%)	23.8 b	18.7 b	33.6 a	43.4 a
D9 (SBM 40%)	36.3 b	23.3 b	37.8 a	44.1 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan adanya tidak beda nyata pada taraf 5 % uji LSD.

Nitrat terlindi merupakan salah satu indikator laju nitrifikasi, artinya pada perlakuan N yang sama jika kadar nitrat terlindi lebih besar, mengindikasikan bahwa laju nitrifikasi juga lebih besar. Pada percobaan ini rendahnya kadar nitrat yang terlindi mengindikasikan adanya penghambatan nitrifikasi. Pengaruh bahan NI yang diberikan bersama pupuk N untuk menghambat nitrifikasi dapat dilihat dari penyanggaan konsentrasi NO_3^- yang rendah dan secara nyata berbeda dibandingkan perlakuan pupuk N tanpa NI (Mohanty dkk., 2008).

Data pada tabel-2, menggambarkan bahwa bahan-bahan alami sebagai NI memiliki kemampuan menghambat proses nitrifikasi pada kisaran waktu antara 7 sampai 14 hari. Hasil penelitian senada dikemukakan oleh Alsaadawi (2001), bahwa ekstrak gandum (10 % berat volume⁻¹) menyebabkan penghambatan nitrifikasi yang tinggi pada 10 sampai dengan 15 hari setelah aplikasi. Hal ini menunjukkan bahwa bahan-bahan alami yang dimanfaatkan sebagai penghambat nitrifikasi memiliki kemampuan penghambatan proses nitrifikasi secara efektif sampai dengan 2 minggu setelah aplikasi, kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan.

Artinya penghambatan nitrifikasi akibat pemberian bahan NI alami, juga bersifat sementara.

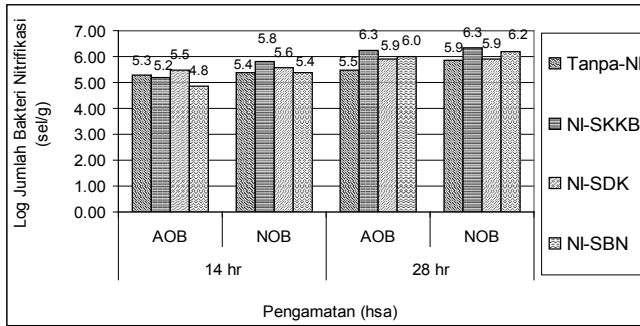
Bakteri Nitrifikasi

Laju nitrifikasi sangat bergantung pada aktivitas bakteri nitrifikasi. Hal ni disebabkan karena pada dua tahap nitrifikasi merupakan reaksi enzimatik yang melibatkan bakteri. Oksidasi NH_4^+ adalah tahap dari laju nitrifikasi yang sebagian besar aktivitas tersebut dilakukan oleh bakteri pengoksidasi ammonia (*ammonia oxidizing bacteria/AOB*) (Barracough dan Puri, 1995 dalam Chu dkk., 2008), juga dapat diasumsikan sebagian besar nitrifikasi itu diatur oleh AOB dalam sistem tanah aerobik.

Pada gambar-1, terlihat bahwa terjadi penghambatan pertumbuhan populasi AOB pada 14 hsa bahan NI, khususnya pada perlakuan NI yang berasal dari bahan alami SKKB dan SBM, sedangkan untuk bakteri NOB tidak terjadi penghambatan. Hal ini menunjukkan bahwa penghambatan bahan NI alami terhadap pertumbuhan bakteri bersifat selektif dan sementara. Populasi bakteri nitrifikasi pada kondisi normal akan meningkat sebagai tanggapan penambahan substrat NH_4^+ ke dalam tanah. Namun karena penambahan substrat bersamaan dengan aplikasi bahan NI, maka untuk sementara populasi bakteri pada beberapa perlakuan NI terhambat. Dikemukakan oleh Follet (2008), bahwa NI digunakan untuk menghambat aktivitas bakteri *Nitrosomonas* pada tahap pertama (nitritasi) pada proses nitrifikasi. Rodgers (1984), mengemukakan bahwa dalam praktek bakteri pengoksidasi NO_2^- (NOB) memiliki sensitivitas lebih rendah terhadap berbagai bahan NI dibandingkan dengan bakteri pengoksidasi NH_4^+ (AOB). Untuk itu pada pengamatan 14 hsa NI, populasi bakteri NOB tidak terhambat oleh perlakuan NI.

Pada pengamatan hari ke 28 hsa NI, perkembangan populasi AOB kembali normal dan cenderung populasinya lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pada pengamatan 28 hsa laju nitrifikasi telah berjalan normal dan tidak berbeda antara perlakuan NI dengan kontrol (Tabel-1). Pada Gambar-1, histogram menunjukkan bahwa pada pengamatan 28 hsa populasi AOB pada kontrol tanpa NI lebih rendah dari perlakuan NI. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan NI alami, yang merupakan bahan organik pada dasarnya disamping menghambat pertumbuhan bakteri pelaku nitritasi pada akhirnya justru memacu pertumbuhan bakteri dalam tanah. Kemampuan bakteri nitrifikasi untuk berkembang cepat apabila cukup tersedia sumber karbon (Purwanto, 2007). Bahan organik merupakan salah satu sumber karbon (C) bagi bakteri nitrifikasi dalam tanah. Untuk semua perlakuan populasi AOB pada hari ke 28 setelah aplikasi NI berada pada kisaran 3×10^5 hingga $2,50 \times 10^6 \text{ g}^{-1}$ tanah. Menurut Schmidt, (1982) dalam Sylvia dkk. (2005), bahwa

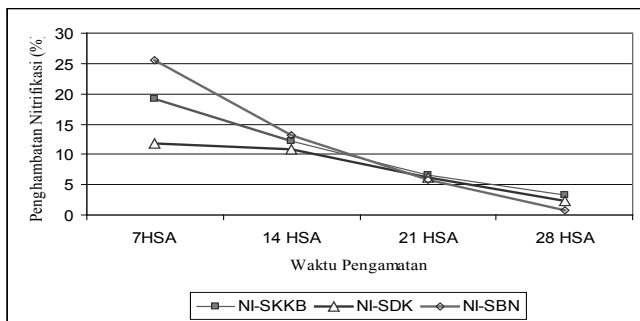
guna mendukung laju nitrifikasi normal sebesar 1 mg N kg⁻¹ hari⁻¹ dibutuhkan populasi bakteri 3 x 10⁵ g⁻¹ tanah. Dengan demikian menunjukkan bahwa penggunaan bahan NI alami menghambat pertumbuhan AOB bersifat sementara.



Gambar 1. Histogram hasil pengamatan jumlah bakteri (MPN) pengoksidasi ammonium (AOB) dan bakteri pengoksidasi nitrit (NOB) pada berbagai perlakuan NI

Penghambatan Nitrifikasi

Penghambatan nitrifikasi merupakan salah satu upaya untuk meminimalisasi kehilangan N melalui pelindian. Dikemukakan oleh Mohanty dkk. (2008), bahwa untuk mengurangi kehilangan N dan meningkatkan efisiensinya, salah satu mekanismenya adalah menggunakan penghambat urease dan atau penghambat nitrifikasi. Pada gambar-2, ditunjukkan bahwa penghambatan nitrifikasi dari masing-masing kelompok bahan NI, tertinggi pada 7 hsa kemudian terus menurun pada pengamatan 14 hsa dan seterusnya. Bahan NI yang menunjukkan kinerja penghambatan nitrifikasi terbaik berturut-turut adalah SBM, SKKB dan SDK dengan penghambatan masing-masing sebesar 25,6 % (SBM), 19,1 % (SKKB), dan 11,8 % (SDK).



Gambar 2. Grafik penghambatan nitrifikasi dari berbagai bahan NI alami

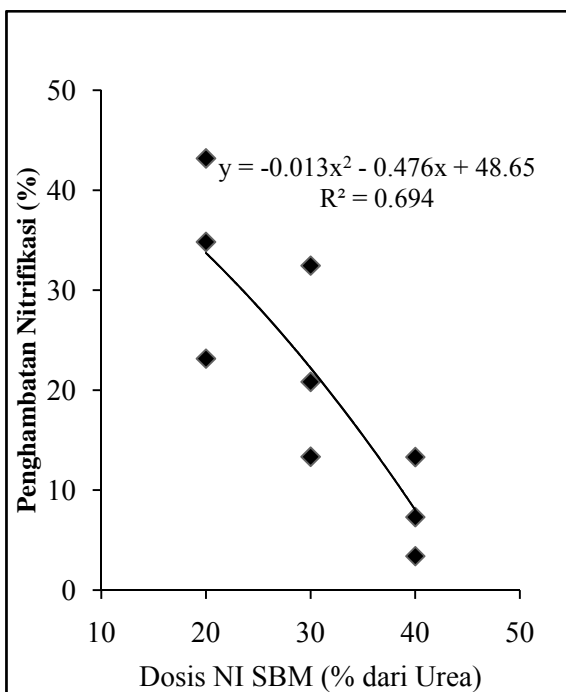
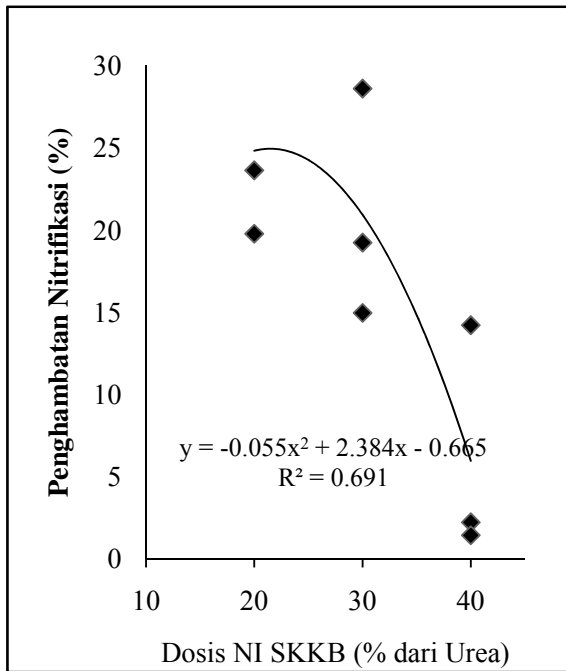
Perbedaan respon penghambatan dapat disebabkan oleh perbedaan jenis kandungan bahan aktif maupun kadar bahan aktif yang dikandung pada masing-masing bahan NI. Senyawa fenol adalah penghambat proses nitrifikasi, penghambatannya yang kuat ditunjukkan pada konsentrasi

fenol yang tinggi (Amor dkk., 2005). Hasil penelitian serupa di India dilaporkan, bahwa pemberian NSKP (*neem seed kernel powder*) menunjukkan pengaruh yang berbeda (4-28 %) dalam menghambat nitrifikasi selama 7-21 hari setelah aplikasi (Mohanty dkk., 2008). Penghambatan proses nitrifikasi dalam tanah memiliki arti penting dalam mengkonservasi N dalam tanah. Nitrifikasi yang terhambat dapat mengeliminir kehilangan N dalam bentuk nitrat terlindi yang dapat mencemari perairan. Nitrifikasi merupakan jembatan terjadinya proses denitrifikasi terutama pada tanah-tanah tergenang pada kondisi anaerob yang menghasilkan gas rumah kaca seperti N₂O dan N₂. Hadisudarmo dan Hairiah (2006), mengemukakan bahwa nitrifikasi merupakan proses yang merugikan, karena menyebabkan kehilangan N tanah dan pupuk, serta menimbulkan masalah lingkungan seperti peningkatan emisi gas rumah kaca, pencemaran nitrat pada air tanah. Dampak utama dari penggunaan pupuk kimia berasal dari pelindian nitrat melalui air tanah, emisi gas rumah kaca, polusi pada tanah dengan logam berat dan *eutrofikasi* pada perairan (Chien dkk., 2009). Penemuan awal tentang bahan alami yang potensial sebagai nitrat inhibitor dan dosis optimum aplikasi dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian lebih lanjut dalam merancang upaya untuk mengeliminir dampak buruk terhadap lingkungan akibat praktek penggunaan pupuk N dalam dunia pertanian.

Dosis optimum NI adalah dosis NI yang memberikan kinerja penghambatan maksimal. Penentuan dosis optimum dua bahan NI terpilih yang menunjukkan kinerja penghambatan nitrifikasi terbaik (SBM dan SKKB), dapat dilakukan dengan menurunkan persamaan regresi $Y = b_0 + b_1NI + b_2NI^2$, $dY/dNI = 0$. Persamaan regresi hubungan antara dosis bahan NI (SKKB) dengan penghambatan nitrifikasi pada 7 hsa, adalah $Y = -0,055 X^2 + 2,384 X - 0,665$ dimana ($R^2 = 0,691$) dari persamaan tersebut dapat ditentukan dosis optimum bahan NI, dengan penurunan persamaan $dy/dx = 2 * -0,055X + 2,384 = 0$, dimana $x = 21,67 \%$. Sedangkan untuk serbuk biji Mimba (SBM) persamaan regresinya $Y = -0,013 X^2 + 0,476 X + 48,65$, ($R^2=0,694$) dari persamaan tersebut dapat diketahui dosis optimum bahan NI SBM, dengan penurunan persamaan $dy/dx = 2 * -0,013 X + 0,476 = 0$, dimana $X = 18,30 \%$ (gambar-3).

Pada gambar-3 ditunjukkan bahwa kedua bahan NI terpilih (SKKB dan SBM), memiliki dosis optimum pada kisaran 21,3 % sampai 21,4 %, artinya pemberian bahan NI pada dosis yang lebih besar dari 21,4% penghambatan terhadap nitrifikasi mengalami penurunan. Penambahan dosis bahan NI alami diatas dosis optimum menyebabkan peningkatan ketersediaan sumber karbon (C) untuk perkembangan bakteri nitrifikasi. Dikemukakan oleh Purwanto (2007), bahwa kemampuan bakteri nitrifikasi untuk berkembang cepat

apabila cukup tersedia sumber C. Myrold (1999) dalam Purwanto (2007) menambahkan bahwa laju nitrifikasi juga tergantung pada kepadatan populasi bakteri nitrifikasi dan efisiensi enzim yang mengkatalis reaksi tersebut.



Gambar 3. Hubungan antara dosis NI (SKKB) dengan penghambatan nitrifikasi pada 7 hsa NI dan hubungan antara dosis NI (SBM) dengan penghambatan nitrifikasi pada 7 hsa NI

KESIMPULAN

1. Bahan NI yang berbeda memberikan respon terhadap penghambatan nitrifikasi yang berbeda. Bahan NI yang berasal dari serbuk biji Mimba (SBM) memberikan tingkat penghambatan tertinggi sebesar (25,6 %), serbuk kulit kayu bakau (SKKB) sebesar (19,1 %), dan serbuk daun kopi (SDK) sebesar 11,8 %. Bahan NI alami mampu menghambat nitrifikasi melalui penghambatan pertumbuhan bakteri penitrifikasi (pengoksidasi ammonium) yang bersifat sementara pada kisaran 7-14 hari setelah aplikasi bahan.
2. Perlakuan berbagai bahan dan dosis NI mampu menekan kadar nitrat rata-rata antara 56,6 % hingga 62,8 %, dan berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol tanpa NI. Kelompok bahan NI yang mampu menurunkan rata-rata kadar nitrat pada pengamatan 14 hsa tertinggi adalah SBM sebesar 74,15 %.
3. Dosis optimal dua bahan NI terpilih yang menunjukkan kinerja penghambatan nitrifikasi terbaik (SBM dan SKKB) pada 7 hsa, masing-masing 18,30 % ($R^2 = 0,694$) dan 21,67 % ($R^2=0,691$) dari dosis urea yang diberikan sebagai pupuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Badan Litbang Pertanian dan Ketua LPPM Universitas Gadjah Mada, melalui kegiatan Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T), yang telah mendukung pembiayaan penelitian ini dan Sulakhudin, SP. MP. yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsaadawi, I. S. (2001). Allelopathic influence of decomposing wheat residues in agroecosystems. Allelopathy in agroecosystems. *Journal of Crop Production* **4**: 186-196.
- Amor, L., Eiroa, M., Kennes, C. dan Veiga, M.C. (2005). Phenol biodegradation and its effect on the nitrification process. *Water Research* **39**: 2915-2920.
- Bengtsson, G., Bengtson, P. dan Mansson, K.F. (2003). Gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification rates as a function of soil C/N ratio and microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* **35**:143-154.

- Chien, S.H., Prochnow, L.I. dan Cantarella, H. (2009). Recent development of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Dalam: Sparks D.L. (ed). Advance Agronomy* Vol. 102, hal 267-321. Academic Press. Delaware.USA.
- Chu, H., Fujii, T., Morimoto, S., Lin,X. dan Yagi, K. (2008). Population size and specific nitrification potential of soil ammonia-oxidizing bacteria under long term fertilizer management. *Soil Biology and Biochemistry* **40**: 1960-1963.
- De-Datta, S.K. dan Buresh, R.J. (1989). Integrated nitrogen management in irrigated rice. *Advance in Soil Science* **10**: 143-169.
- Dierolf, T., Fairhurst, T. dan Mutert, E. (2001). *Soil Fertility Kit. A Tool Kit for Acid Upland Soil Fertility Management in Southeast Asia*. GTZ GmBH, FAO, PT. Jasa Katom, PPI and PPIC. Canada.
- Edmeades, D.C. (2004). *Nitrification and Urease Inhibitor*. Environment Bay of Plenty. Environmental Publication. Knowledge Ltd. Hamilton.
- Follet, R.F. (2008). Transformation and Transport Processes of Nitrogen in Agricultural Systems. *Dalam: Hatfield and Follet (ed). Nitrogen in the Environment: Source, Problem and Management*. hal 19-50. 2nd edn. USA.
- Foth, H.D. (1991). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. UGM Press, Yogyakarta.
- Gomez, K.A. dan Gomez, A.A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Second Edition. John Wiley & Sons. Inc. Toronto.
- Hadisudarmo, P. dan K. Hairiah. 2006. Penghambatan nitrifikasi secara hayati dengan pengaturan kualitas seresah pohon penaung pada agroforestri berbasis kopi. *Dalam: Kurnia dan Ardiwinata (Eds). Prosiding Seminar Nasional "Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan DAS secara Terpadu"*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Hardjowigeno, S. dan Rayes, M.L. (2005). *Tanah Sawah. Karakteristik, Kondisi, dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia*. Penerbit Bayumedia, Malang.
- IRRI, 2006. Nutrient management. rice knowledge bank. International Rice Research Institute. <http://www.knowledgebank.irri.org>. [20 Februari 2008].
- Johnson, J.W. (2007). Nitrification inhibitors potential use in Ohio. Ohio State University Extension. Department of Horticulture and Crops Science. 2021 Columbus. Ohio. <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/o201.html>. [20 Februari 2008].
- Kiran, U. dan Patra, D.D. (2003). Medicine and aromatic plant material as nitrification inhibitors for augmenting yield and nitrogen uptake of Japanese mint. *Bioresource Technology* **86**: 267-276.
- Meyers (1971). *Response Surface Methode*. Allyn and Bacon. Inc. Boston. MA.
- Mikkelsen, D.S., Jayaweera, G.R. dan Roiston, D.E. (1995). Nitrogen fertilization practices of lowland rice cultur. *Dalam: Bacon (ed). Nitrogen Fertilization in the Environment*. Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hongkong.
- Mohanty, S., Patra, A.K. dan Chhonkar,P.K. (2008). Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel powder retards urease and nitrification activities in different soils at contrasting moisture and temperature regimes. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. India. *Bioresource Technology* **99**: 894-899.
- Myrold, D. D. (1999). Transformation of Nitrogen. *Dalam: Purwanto, (2007). Pengendalian Nitrifikasi Melalui Pengaturan Kualitas Seresah Pohon Penaung, pada Lahan Agroforestri Berbasis Kopi*. Ringkasan Disertasi. Program Ilmu Pertanian. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Patra, D.D., Khiran, U., Chad, S. dan Anwar, A. (2009). Use of urea coated with natural products to inhibit urea hydrolysis and nitrification in soil. Springer-Verlag. *Biol Fertil. Soil* **45**: 617-621.
- Prajitno, D. (1988). Perancangan percobaan. Bahan Kuliah Perancangan Percobaan. S2. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Reddy, K.R. dan DeLaune, R.D. (2008). *Biogeochemistry of Wetlands Science and Applications*. CRC. Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, London, New York.
- Rodgers, G.A. (1984). Action of nitrification inhibitors. *Dalam: Woodbine (ed). Antimicrobial and Agriculture. The Proceedings of 4th International Symposium on Antibiotics in Agriculture: Benefits and Malefits*. Studies in The Agricultural and Food Sciences. Butterworths, London.
- Sawyer, J.E. (2004). Nitrogen losses after the heavy rains. Integrated Crop Management. Iowa State University. University Extension. <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2004/6-7-2004/nloss.html>. [20 Februari 2008].

- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G. dan Zuberer, D.A. (2005). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Second Edition. Pearson. Prentice Hall, New Jersey.
- Tejasarwana, R., Fagi, A.M. dan Taslim, H. (1986). Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen pada padi sawah. Hasil Penelitian Tanaman Pangan Volume 2 (Padi). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Trolldenier, G. (1995). Nitrifiers by most probable number method. Dalam: Schinner, F. et al. (ed). *Methods in Soil Biology*, hal 32-36. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Yan, X., Jin, J., He, P. dan Liang, M. (2008). Recent advances on the technologies to increase fertilizer use efficiency. *Agricultural Science in China* 7: 469-479.