

PERAKITAN TEKNOLOGI UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI PEMANFAATAN NITROGEN OLEH TANAMAN DENGAN PENGHAMBAT NITRIFIKASI SECARA HAYATI

Oleh

Minardi, S dan Purwanto, H

Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

RINGKASAN

Percobaan lapangan yang dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Jumantono ini merupakan bagian dari penelitian untuk mendapatkan cara pengendalian nitrifikasi secara hayati. Tujuan penelitian adalah: a).mengkaji pengaruh pemberian berbagai kualitas (variasi kandungan lignin, polifenol dan nisbah C/N) dan takaran seresah terhadap nitrifikasi potensial serta dinamika N-mineral tanah, b).mengetahui apakah nitrifikasi dapat dikendalikan melalui pengaturan kualitas masukan seresah, c).mengkaji faktor kualitas seresah yang mana yang dapat menghambat nitrifikasi, kandungan polifenol, lignin, atau nisbah C/N ?.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2009. Empat macam seresah yang digunakan mewakili kelompok kualitas rendah (jambu mete dan paitan) dan kelompok kualitas tinggi (gamal dan kencur) diberikan dengan empat takaran yaitu 4, 8, 12 dan 16 Mg ha⁻¹. Semua perlakuan ditambah pupuk urea sebanyak 200 kg ha⁻¹. Sebagai kontrol, tanah tidak ditambah seresah maupun pupuk urea. Perlakuan diatur menurut Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Peubah yang diukur meliputi konsentrasi NH₄⁺ dan NO₃⁻ tanah, nitrifikasi potensial serta pH tanah yang dilakukan pada hari ke 1, 20, 40, 60 dan 80 setelah aplikasi seresah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: a).pemberian seresah berkualitas rendah (jambumete dan paitan) secara nyata diikuti oleh pelepasan NH₄⁺, pembentukan NO₃⁻ dan nitrifikasi potensial yang rendah pula. b).nisbah kandungan (lignin+polifenol)/N seresah mempunyai pengaruh yang paling kuat sebagai regulator mineralisasi NH₄⁺ (r= -0.239**), NO₃⁻ (r= -0.308**) dan nitrifikasi potensial tanah (r= -0.193**) dibanding kandungan lignin, polifenol atau nisbah C/N seresah secara terpisah. c).nisbah (lignin+polifenol)/N seresah berpengaruh sangat nyata dalam menghambat mineralisasi N dan nitrifikasi dalam tanah. Kunci pengendalian ketersediaan NH₄⁺ adalah mempertahankan pH pada kondisi agak masam (pH 5.0), sehingga konsentrasi NH₄ diestimasi sekitar 20 mg kg⁻¹, agar nitrifikasi potensial tetap rendah (<40 mg NO₂ kg⁻¹ jam⁻¹). Dengan demikian pengaturan kualitas masukan seresah dapat menghambat laju proses nitrifikasi, pelindian N dalam tanah dan pencemaran NO₃⁻ pada air tanah, perairan dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan N.

Kata-kata kunci: *Nitrifikasi, nitrifikasi potensial, mineralisasi bahan organik, Zea mays Linn, N-mineral tanah, penghambatan nitrifikasi secara hayati, kualitas seresah pangkasan*

ABSTRACT

Leaching of NO_3^- is a critical problem in humid tropical area. NO_3^- in the soil is product of nitrification process. Nitrification occurring in the soil consists of oxidation processes of NH_4^+ into NO_2^- by *Nitrosomonas*, and oxidation of NO_2^- into NO_3^- by *Nitrobacter*. The process inflicts a loss of N from soil and fertilizers and generates pollution to the environment as well. In the natural ecosystem, the process hardly occurs as the synthesis of allelochemical nitrification inhibitors (*tanin, polyphenols, galotanin, phenolic acid* etc.). This was a field study with variables obtained from experiments. The aims of the study were (a).to determine the effect of dosage and quality (lignin, polifenol dan C/N ratio) of plant litter on N-mineral and nitrification potential in the soil; (b).to answer whether nitrification can be controlled through the control of applied plant litter quality; (c).to reveal the factors of litter quality determining inhibition effect most.

The study was carried out in Jumantono, Karanganyar Regency, from May to October 2009. The design experiment was randomized complete block design, with plant litter dosage and quality as experiment factors. Measured variables included soil N mineral (NH_4^+ and NO_3^-), nitrification potential, and soil pH. Each was assessed 1, 20, 40, 60, and 80 days after plant litter application.

The results suggested that: a).application of plant litter with low quality led to the poor release of NH_4^+ , and low nitrification potential; b).ratio of (lignin+polyphenols)/N have stronger correlation as regulator of NH_4^+ ($r = -0.239^{**}$), NO_3^- ($r = -0.308^{**}$) and nitrification potential ($r = -0.193^{**}$) than lignin, polyphenols, and C/N ratio singularly; c).ratio of (lignin+polyphenols)/N strongly inhibited N mineralization and nitrification in the soil. The results suggested that regulation of plant litter quality was able to inhibit nitrification, N leaching, NO_3^- pollution in the soil and water and increasing nitrogen use efficiency.

Key words: Nitrogen use efficiency, litter quality, lignin and polyphenols, mineralization, nitrification, biological nitrification inhibitors.

1. Pendahuluan

Salah satu tantangan terbesar dalam kegiatan pertanian saat ini adalah meningkatkan efisiensi pemanfaatan N (*Nitrogen Use Efficiency = NUE*), memperkecil kehilangan N dan dampak negatif yang ditimbulkannya (Laegreid *et al.*, 1999). Van Noordwijk dan De Willigen (*cit.* Hairiah 2002) mengestimasi sekitar 50% dari pupuk N pada tanah-tanah pertanian di daerah tropika basah akan hilang terlindi.

Nitrifikasi dan produk NO_3^- yang terlindi kedalam air tanah dan perairan dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan masalah kesehatan melalui :

- a) Perkembangan pesat algae dan gulma perairan, yang mengakibatkan penurunan

- kadar oksigen terlarut dan menurunnya keragaman biota perairan,
- b) Gejala penyakit *methemoglobinemia* pada bayi dan ternak apabila meminum air yang tercemar NO_3^- ,
 - c) Terbentuknya *nitrosamin* yang karsinogenik,
 - d) Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (N_2O dan NO), yang akan meningkatkan pemanasan global dan kerusakan lapisan ozon di stratosfer,
 - e) Peningkatan pelindian kation-kation basa (K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+}) dalam tanah sehingga meningkatkan kemasaman tanah (Brady and Weil, 2002; Erickson *et al.*, 2000).

Upaya yang dilakukan untuk menghambat nitrifikasi dan pelindian N antara lain dengan penggunaan pupuk N lepas lambat (Aarnio and Martikainen, 1995), atau pupuk N bersama *Nitrification inhibitor* seperti Thiourea; Sulfathiazole; 2-Amino-4-chloro-6-methylpyridine. Aplikasi senyawa tersebut memang berhasil mengurangi kehilangan N tanah, namun selain harganya yang relatif mahal ternyata juga berdampak negatif terhadap mikroba tanah yang bermanfaat (Paul and Clarck, 1989).

Penelitian pada ekosistem alami menunjukkan bahwa laju nitrifikasi pada ekosistem hutan relatif rendah karena terbentuk *allelochemical nitrification inhibitor* seperti tanin, polifenol, galotanin dan karanjin (Myrold., 1999). Penelitian lebih lanjut membuktikan bahwa rendahnya nitrat pada ekosistem klimak tidak semata-mata akibat adanya *allelochemical inhibitor* nitrifikasi namun juga akibat kompetisi imobilisasi amonium dengan mikroba heterotrof dan asimilasi amonium oleh keragaman sistem perakaran yang ekstensif (Myrold, 1999).

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan apakah kualitas seresah dapat menjadi 'regulator' nitrifikasi. Hasil penelitian ini bermanfaat bagi petani dalam pengaturan jenis seresah untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen, dan sebagai masukan bagi pengambil kebijakan untuk memperbaiki strategi pengembangan pertanian yang lebih berwawasan lingkungan.

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di kebun penelitian Fakultas Pertanian UNS Jumantono dari bulan Maret 2009 sampai dengan Nopember 2009. Analisis sifat fisik dan kimia tanah sebelum perlakuan, analisis kandungan NH_4^+ dan NO_3^- tanah (secara periodik) dilaksanakan di laboratorium kimia dan kesuburan tanah, sedangkan analisis nitrifikasi potensial tanah dilakukan di laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian UNS.

4.2. Bahan dan alat penelitian

Bahan yang akan digunakan dipilih dari beragam jenis seresah yang telah dianalisis kualitasnya (kandungan lignin, polifenol nisbah C/Nnya) yaitu:

Tabel 1. Hasil analisis kualitas seresah tanaman

No	Jenis seresah tanaman	Kualitas Seresah							
		Poli-fenol	Lignin	Abu	Tanin	C	N	C/N	(L+P)/N
1	<i>Gliricidia maculata</i>	2.88	19.60	0	10.94	52.9	32	1.6	0.70
2	<i>Anacardium occidentale</i>	16.44	27.28	1.68	22.46	40.39	1.58	26	27.67
3	<i>Curcuma domestica</i>	2.53	11.18	0.94	20.86	48.4	2.2	22	6.23
4	<i>Tithonia diversifolia</i>	4.39	20.84	0.62	6.44	38.5	2.1	18.3	12.01

Lab. Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fak.Pertanian Unibraw. Juli 2008.

4.3. Rancangan percobaan

Perlakuan yang diuji meliputi faktor 1).Jenis seresah (5 jenis): seresah jambumete (*Anacardium occidentale*), paitan (*Tithonia diversifolia*), gamal (*Gliricidia maculata*) dan kencur (*Curcuma domestica*), dibandingkan dengan tanpa pemberian seresah (kontrol), 2).Takaran seresah (4 takaran) yaitu setara 4 Mg ha^{-1} (rendah), 8 Mg ha^{-1} (sedang), 12 Mg ha^{-1} (tinggi) dan 16 Mg ha^{-1} (sangat tinggi). Sebagai pembanding tambahan disusun 6 perlakuan N yaitu: a).tanpa seresah, tanpa pupuk N, b).tanpa seresah, ditambah pupuk N, c).ditambah seresah takaran sangat tinggi (30 Mg ha^{-1}) tanpa pupuk N, sehingga terdapat 22 kombinasi perlakuan. Perlakuan diatur dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL), dengan 3 ulangan. Peubah yang diukur adalah konsentrasi NH_4^+ , NO_3^- , dan nitrifikasi potensial tanah.

4.4. Pelaksanaan percobaan

Setiap petak percobaan dibagi menjadi sub-sub petak berukuran 80 X 80 cm, dengan jarak antar sub petak 2.5 m. Setiap sub-petak dipupuk urea 200 kg ha^{-1} sebagai

substrat nitrifikasi. Sebelum perlakuan, masing-masing sub-petak dibersihkan dari gulma dan digemburkan sedalam 30 cm. Seresah halus ($\varnothing < 2$ mm) kering angin, ditambahkan ke dalam tanah sesuai jenis dan takaran perlakuan, dibenam dan dicampur merata sedalam 20 cm. Pupuk urea diberikan bersamaan dengan pemberian seresah.

Pengukuran dilakukan pada hari ke 1, 20, 40, 60 dan 80 setelah aplikasi seresah. Contoh tanah untuk pengukuran nitrifikasi potensial diambil secara aseptik pada kedalaman 0-20 cm, sedangkan untuk pengukuran N-mineral diambil pada kedalaman 0-10, 10-20 dan 20-30 cm. Peubah yang diukur adalah konsentrasi N-total, N-mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$), nitrifikasi potensial tanah dan nisbah konsentrasi $\text{NH}_4^+/\text{N-mineral}$ serta nisbah N-mineral/N-total tanah. Konsentrasi NH_4^+ dan NO_3^- diukur menggunakan spektrofotometer *Flow Injection Analysis* (FIA) pada λ 535 mm (Alves *et al.* 1999). Nitrifikasi potensial diukur dari jumlah NO_2^- yang terbentuk dari contoh tanah setelah ditambah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 jam (Kandeler, 1995).

4.5. Analisis data

Untuk mengetahui perbedaan antar masing-masing perlakuan terhadap masing-masing peubah digunakan uji sidik ragam. Hubungan antara nitrifikasi potensial dengan konsentrasi NH_4^+ dan NO_3^- dalam tanah dianalisis dengan korelasi *product moment* dan regresi menggunakan program SPSS versi 13 (Sastrosupadi, 2003). Untuk mengetahui faktor kualitas seresah yang paling efektif menghambat nitrifikasi digunakan analisis korelasi *product moment* dan uji kontras menggunakan paket program GenStat versi 5.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah Jumantono yang digunakan untuk percobaan mempunyai pH masam, kandungan BO rendah, Kapasitas Tukar Kation dan Kejenuhan Basa rendah.

Hasil analisis kualitas seresah yang digunakan untuk percobaan adalah:

Tabel 5.2. Hasil analisis kualitas seresah tanaman

No	Jenis seresah tanaman	Kualitas Seresah							
		Poli-fenol	Lignin	Abu	Tanin	C	N	C/N	(L+P)/N
1	<i>Gliricidia maculata</i>	2.88	19.60	0	10.94	52.9	32	1.6	0.70
2	<i>Anacardium occidentale</i>	16.44	27.28	1.68	22.46	40.39	1.58	26	27.67

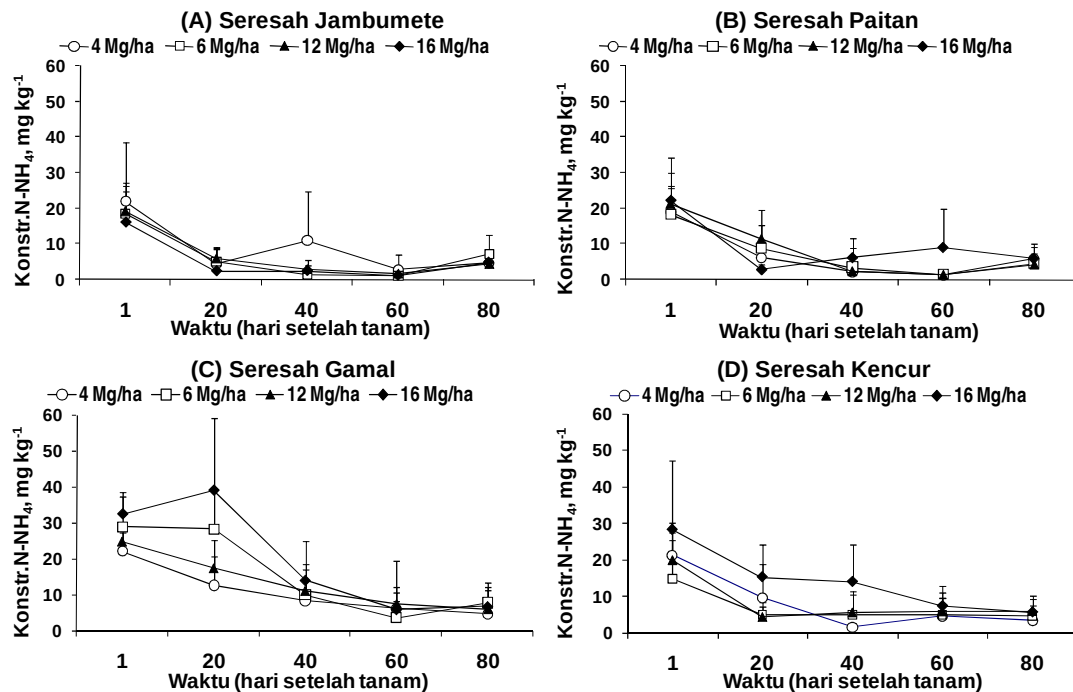
3	<i>Curcuma domestica</i>	2.53	11.18	0.94	20.86	48.4	2.2	22	6.23
4	<i>Tithonia diversifolia</i>	4.39	20.84	0.62	6.44	38.5	2.1	18.3	12.01

Lab. Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fak.Pertanian Unibraw. Juli 2008.

5.2. Konsentrasi NH_4^+ tanah dan NO_3^-

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa meningkatnya pelepasan NH_4^+ ke dalam tanah berhubungan erat dengan meningkatnya “kualitas” masukan seresah. Seresah berkualitas tinggi (gamal dan kencur) meningkatkan konsentrasi NH_4^+ pada hari ke 40 setelah tanam, sedang pemberian seresah kualitas rendah (jambumete dan paitan) menyebabkan imobilisasi NH_4^+ sejak awal hingga akhir percobaan (80 HST).

Terdapat pengaruh yang sangat nyata ($p < 0.01$) antara perlakuan jenis dan takaran seresah terhadap konsentrasi NH_4^+ tanah pada berbagai waktu inkubasi. Penambahan seresah berkualitas rendah (jambumete dan paitan) tidak meningkatkan konsentrasi NH_4^+ yang berbeda nyata dibanding kontrol, rata-rata konsentrasi NH_4^+ sekitar 35 mg kg^{-1} (Gambar 5.1). Pada hari ke 40 terjadi peningkatan konsentrasi NH_4^+ pada perlakuan seresah paitan takaran rendah (4 Mg ha^{-1}), dan hari ke 60 pada seresah paitan takaran sangat tinggi (16 Mg ha^{-1}).



Gambar 5.1. Konsentrasi N-NH_4^+ (dikoreksi dengan berat atomnya) tanah pada berbagai waktu setelah penambahan berbagai kualitas dan takaran seresah.

Peningkatan konsentrasi NH_4^+ diikuti oleh peningkatan NO_3^- tanah dengan pola yang bervariasi antar spesies. Tingginya konsentrasi NH_4^+ pada hari pertama tersebut juga mengindikasikan bahwa imobilisasi NH_4^+ (proses dekomposisi) belum berlangsung cepat. Brady dan Weil (2002) menyatakan bahwa setiap mengasimilasi 8 bagian C selama dekomposisi bahan organik, mikroba tanah membutuhkan sekitar 1 bagian N untuk membentuk biomassa baru dalam pertumbuhannya (atau dengan nisbah C/N= 8/1).

Pada hari ke 1 dan ke 20, perlakuan seresah gamal yang berkualitas tinggi (N= 32 %; (L+P)/N= 0.7) dengan takaran sangat tinggi (16 Mg ha^{-1}) meningkatkan konsentrasi NH_4^+ dari 42 mg NH_4^+ menjadi 50 mg kg^{-1} , atau meningkat dari 90% sampai 361% dari pada kontrol (dari 21.9 menjadi 10.85 mg kg^{-1}) yang hanya ditambah pupuk urea (0+N).

Lamanya masa tinggal NH_4^+

Lamanya masa tinggal NH_4^+ dalam tanah (Tabel 5.4) dapat diestimasi dengan menghitung nilai kecepatan mineralisasi k dan 1/k. Masa tinggal NH_4^+ (1/k) dalam tanah hanya sekitar 1.4 sampai 1.9 minggu kecuali seresah paitan yang mencapai 2.1 minggu.

Tabel. 5.4. Kecepatan mineralisasi NH_4^+ dalam tanah dengan berbagai penambahan kualitas seresah.

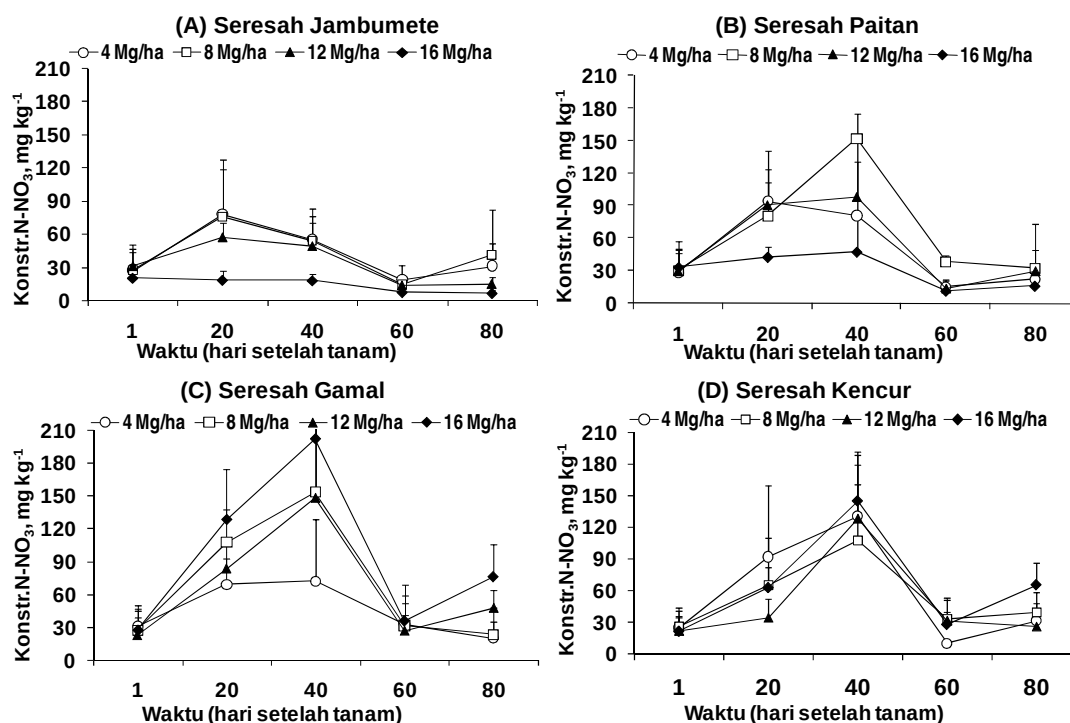
Perlakuan	Persamaan	R^2	k, minggu ⁻¹	1/k
0+N	$y = -0.7392 \ln(x) - 0.0632$	0.4734	0.7392	1.4
Jambumete	$y = -0.6614 \ln(x) - 0.3883$	0.5332	0.6614	1.5
Paitan	$y = -0.4816 \ln(x) - 0.3779$	0.4485	0.4816	2.1
Gamal	$y = -0.7011 \ln(x) + 0.3224$	0.7381	0.7011	1.4
Kencur	$y = -0.5145 \ln(x) + 0.12$	0.8947	0.5145	1.9

Apabila konsentrasi NH_4^+ tertinggi pada seluruh perlakuan terdapat pada minggu 1 dan kemudian menurun sampai minggu ke 13, maka sebaliknya konsentrasi NO_3^- justru terendah pada hari ke 1, kemudian meningkat sampai puncaknya pada hari ke 40 (Gambar 5.2). Penurunan konsentrasi NH_4^+ disertai peningkatan NO_3^- tersebut mengindikasikan berlangsungnya proses oksidasi NH_4^+ menjadi NO_3^- dalam tanah.

Terdapat perbedaan konsentrasi NO_3^- yang sangat nyata ($p < 0.01$) antar waktu inkubasi, takaran, dan jenis seresah yang diberikan. Seresah jambumete (kualitas rendah) selalu menghasilkan rerata NO_3^- tanah terendah (145 mg kg^{-1}) dibanding seresah lain. Perlakuan seresah gamal menghasilkan pembentukan NO_3^- tertinggi (893 mg kg^{-1})

pada takaran 16 Mg ha⁻¹ setelah hari ke 40. Semakin tinggi takaran seresah berkualitas tinggi, semakin banyak jumlah NO₃⁻ yang terbentuk.

Tate (1995) menyatakan bahwa sintesis NO₃⁻ akan meningkat sesuai dengan ketersediaan substrat NH₄⁺ dalam tanah. Bakteri nitrifikasi berkembang sangat lambat, sehingga seringkali nitrifikasi baru berlangsung setelah selang beberapa hari dari penambahan NH₄⁺ ke dalam tanah. Dengan demikian hasil pengukuran ini mendukung pernyataan tersebut di atas.



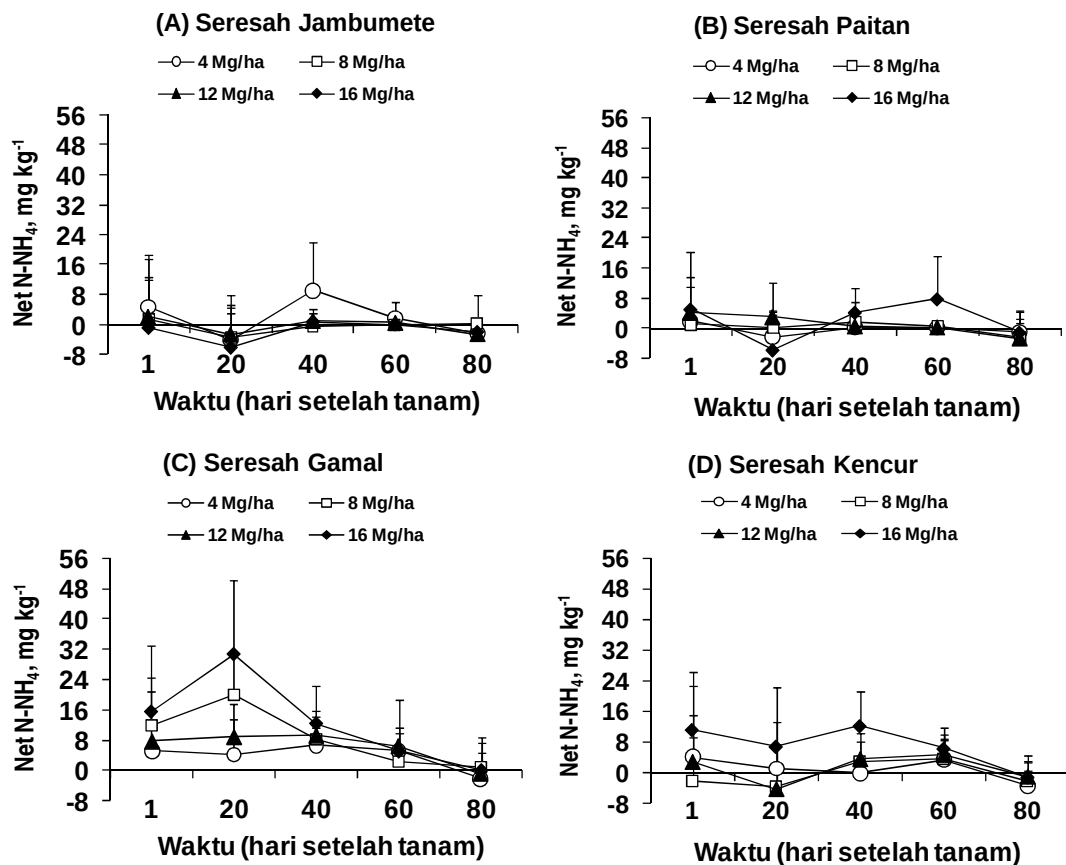
Gambar 5.2. Konsentrasi N-NO₃⁻ dalam tanah pada penambahan berbagai kualitas dan takaran seresah pada berbagai waktu pengukuran.

5.3. Net amonifikasi N-NH₄⁺ dan net nitrifikasi N-NO₃⁻

Net-mineralisasi N-NH₄⁺ adalah selisih konsentrasi N-NH₄⁺ (setelah dikoreksi dengan berat atomnya) antara perlakuan dengan kontrol (tanpa seresah + pupuk N) pada waktu pengukuran yang sama. Penambahan seresah berkualitas rendah (jambumete) dengan kandungan lignin 14.7% dan nisbah (L+P)/N= 31 (Tabel 5.1), menyebabkan imobilisasi N-NH₄⁺ pada hari ke 20 pada keseluruhan takaran. Pada seresah jambumete, hanya takaran 4 Mg ha⁻¹ yang menghasilkan rerata pelepasan N-NH₄⁺ bernilai positif (amonifikasi) sebesar 1.9 mg N-NH₄⁺ kg⁻¹ selama 80 hari inkubasi (Gambar 5.3.A).

Rerata imobilisasi N-NH_4^+ tanah oleh seresah jambumete bervariasi dari 0.22 – 1.59 mg kg^{-1} , dengan rerata sebesar -0.08 mg kg^{-1} selama 80 hari inkubasi. Seresah paitan dengan kandungan lignin= 20.84% dan (L+P)/N= 12.01 menyebabkan imobilisasi mulai hari ke 20 pada takaran 4 dan 16 Mg ha^{-1} , namun menghasilkan rerata pelepasan N-NH_4^+ sebesar rerata 0.86 mg kg^{-1} selama 80 hari inkubasi.

Pola pelepasan N-NH_4^+ pada perlakuan seresah jambumete, paitan dan kencur yang kandungan ligninnya sedang sampai tinggi (berturut-turut 27%, 20.84% dan 11.18%) menunjukkan pola yang sama (Gambar 5.3.A, 5.3.B dan 5.3.C).



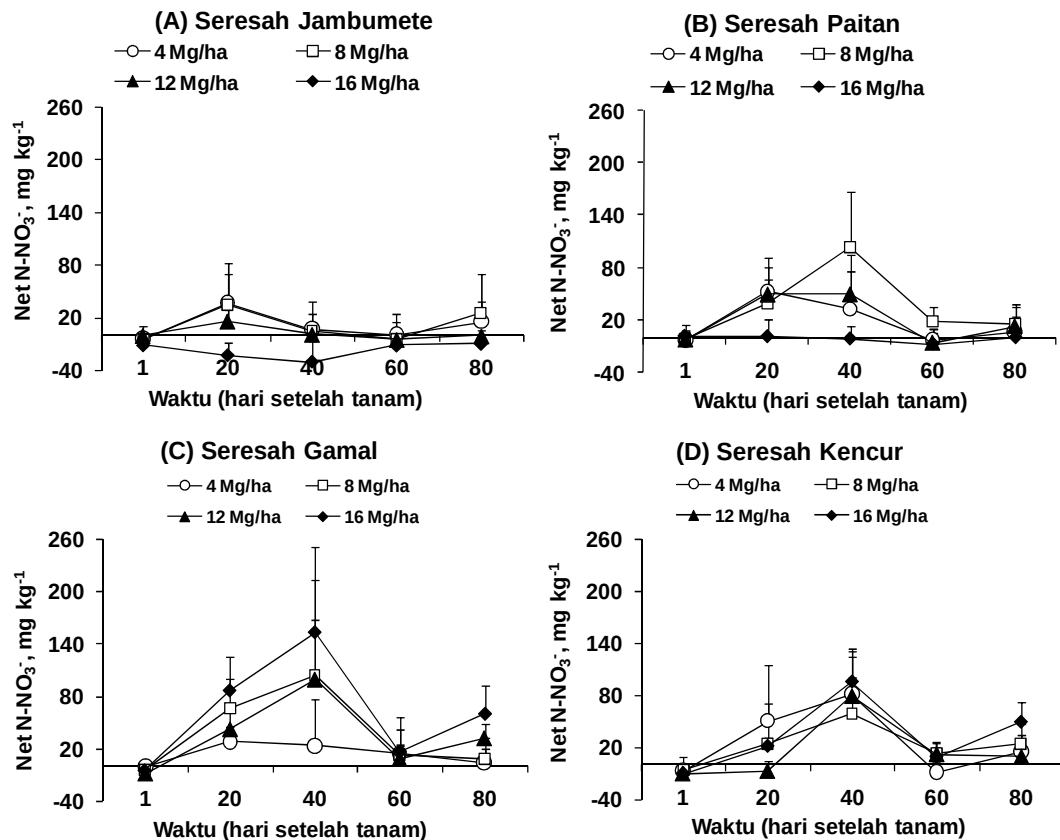
Gambar 5.3. Konsentrasi Net N-NH_4^+ dalam tanah pada berbagai waktu setelah penambahan berbagai jenis kualitas seresah: jambumete (A), paitan (B), gamal (C), dan kencur (D). Takaran seresah 4= 4 Mg ha^{-1} ; 6= 8 Mg ha^{-1} ; 12= 12 Mg ha^{-1} ; 16= 16 Mg ha^{-1} .

Pelepasan N-NH_4^+ pada perlakuan seresah jambumete, paitan dan kencur menurun dari hari 1 sampai hari 20 kemudian meningkat dari hari 20 sampai hari ke 40

kemudian menurun kembali sampai akhir inkubasi. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan seresah jambumete, paitan dan kencur menyebabkan imobilisasi NH_4^+ pupuk (tanah) pada hari 1 sampai ke 20 kemudian termineralisasi sampai puncaknya pada hari ke 40. Seresah gamal (kandungan lignin = 19.6%; dan nisbah C/N terendah = 1.6) akan langsung termineralisasi dan membebaskan NH_4^+ sejak minggu pertama dan mencapai puncaknya pada hari ke 20. Gambar 5.3.C memperjelas bahwa seresah gamal lebih cepat termineralisasi dan menghasilkan Net-NH_4^+ tertinggi (9.37 mg kg^{-1}) selama 80 hari inkubasi dibanding seresah lain. Seresah gamal yang mempunyai C/N lebih rendah (= 1.6) namun ligninnya lebih tinggi (19.6%), dibanding seresah kencur (C/N= 22; lignin 11.18%) terbukti lebih cepat termineralisasi dan melepaskan Net-NH_4^+ lebih tinggi (9.37 mg kg^{-1}) dibanding kencur ($2 \text{ mg NH}_4^+/\text{kg}^{-1}$). Hal ini berbeda dengan pernyataan Handayanto *et al.* (1995) bahwa semakin tinggi kandungan lignin seresah akan semakin lemah pengaruh nisbah C/N atau kandungan N seresah terhadap laju dekomposisi seresah. Hal ini kemungkinan karena selisih nisbah C/N sangat tinggi, sementara itu selisih kandungan ligninnya relatif rendah.

5.4. Net nitrifikasi NO_3^-

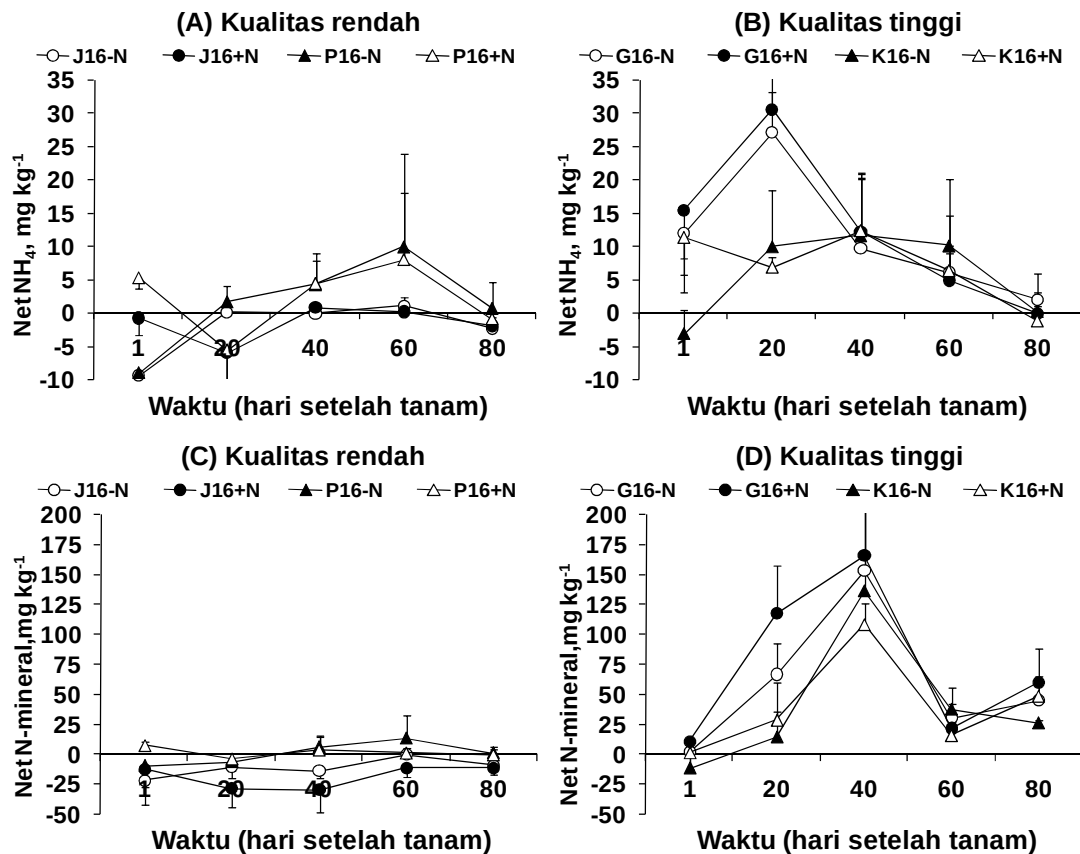
Net nitrifikasi adalah selisih konsentrasi N-NO_3^- setelah dikoreksi dengan berat atomnya (14/62) antara masing-masing perlakuan dengan kontrol pada waktu pengukuran yang sama (Gambar 5.6). Hasil ini secara tidak langsung menggambarkan besarnya nitrifikasi aktual dalam tanah. Semakin tinggi kualitas seresah semakin banyak N-NO_3^- yang terbentuk pada hari ke 40 setelah inkubasi. Semakin meningkat takaran seresah gamal semakin meningkat pembentukan N-NO_3^- dalam tanah ($13.4 - 62.2 \text{ mg kg}^{-1}$). Sebaliknya semakin tinggi seresah jambumete akan semakin rendah rerata pembentukan N-NO_3^- selama 80 hari inkubasi (berkisar dari 11.16 sampai -17.6 mg kg^{-1}).



Gambar 5.6. Konsentrasi Net NO₃⁻ dalam tanah pada berbagai waktu setelah penambahan berbagai jenis kualitas dan takaran seresah.

Selama 80 hari inkubasi, pemberian seresah jambumete yang mempunyai nisbah (L+P)/N tertinggi (27.67) menghasilkan rerata pembentukan NO₃⁻ terendah (1.39 mg kg⁻¹), sebaliknya seresah gamal yang mempunyai nisbah (L+P)/N terendah (0,7) menghasilkan pembentukan NO₃⁻ tertinggi (36.71 mg kg⁻¹). Hal ini sesuai dengan hasil uji kontras bahwa nisbah (L+P)/N seresah merupakan faktor kualitas seresah yang paling kuat sebagai pengendali pembentukan NO₃⁻ daripada faktor kualitas lain secara terpisah.

Konsentrasi Net-N-NH₄⁺ dan Net-N-mineral dari perlakuan seresah kualitas rendah dan kualitas tinggi pada takaran tinggi (16 Mg ha⁻¹) disajikan pada Gambar 5.8.



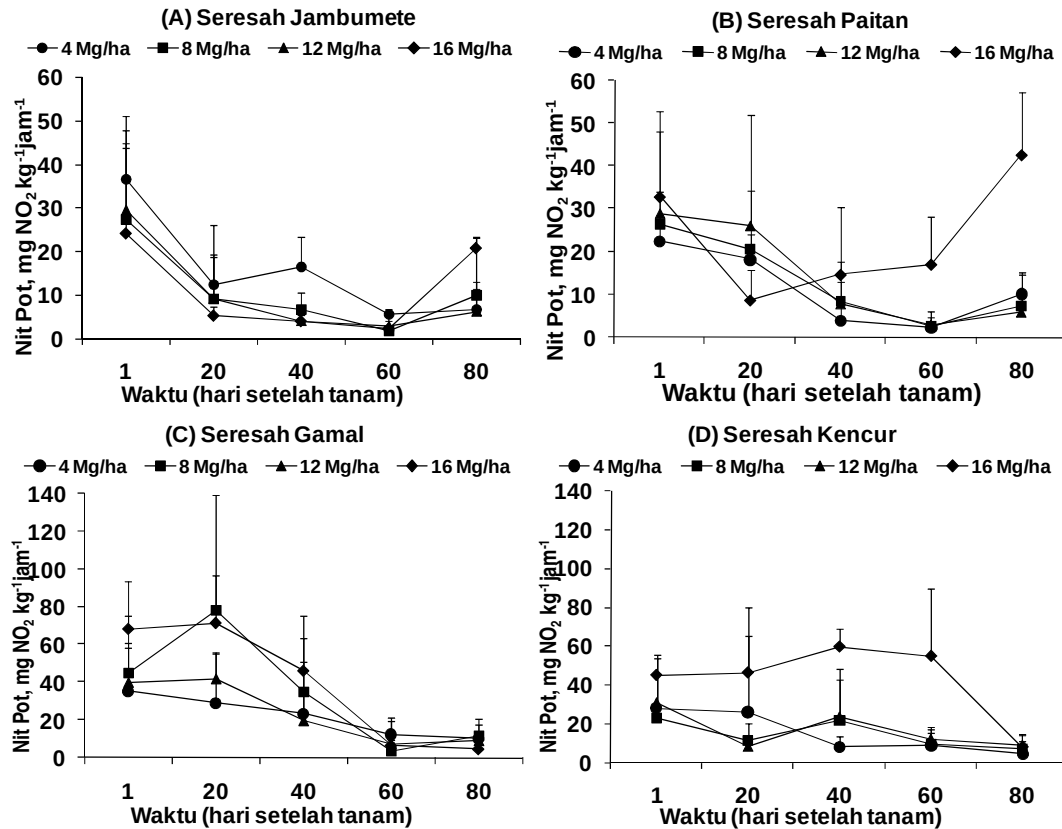
Gambar 5.8. Konsentrasi Net N-NH_4^+ dan Net N-N-mineral (dikoreksi dengan berat atomnya) berbagai jenis kualitas dan takaran seresah.

Perlakuan semua jenis seresah takaran 16 Mg ha^{-1} , cenderung menurunkan Net N-mineral pada minggu ke 1 (imobilisasi), namun pada hari ke 40 terjadi peningkatan yang cukup besar pada seresah paitan, gamal dan kencur (berturut-turut 3.1, 165 dan 108 mg kg^{-1}). Pemberian seresah kualitas rendah (jambumete) takaran tinggi (16 Mg ha^{-1}) menyebabkan imobilisasi N-mineral, dengan rerata -19.2 mg kg^{-1} . Sayangnya pengukuran N-mineral telah diakhiri pada 80 hari. Studi mineralisasi N dari seresah berkualitas rendah dan dalam takaran tinggi memerlukan waktu pengamatan yang lebih lama.

5.7. Nitrifikasi potensial

Perbedaan spesies/kualitas dan waktu inkubasi (Tabel 5.6) berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$), sedangkan takaran seresah berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap nitrifikasi potensial tanah. Peningkatan nitrifikasi potensial dalam tanah berhubungan erat dan

nyata ($r=0.802^{**}$) dengan meningkatnya konsentrasi NH_4^+ tanah, dan berkorelasi sangat erat ($r= 0.356^{**}$) dengan populasi bakteri pengoksidasi NH_4^+ dan populasi bakteri pengoksidasi NO_2^- ($r= 0.434^{**}$). Dinamika nitrifikasi potensial pada penambahan seresah berkualitas rendah berbeda dengan seresah kualitas tinggi (Gambar 5.10).



Gambar 5.10. Nitrifikasi potensial tanah pada berbagai jenis kualitas dan takaran seresah.

Kunci dari pengendalian nitrifikasi adalah dengan mengendalikan pelepasan NH_4^+ dalam tanah dengan mempertahankan $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ tanah sekitar 4.5 – 5.0.

Nitrifikasi potensial berhubungan sangat erat dan nyata dengan konsentrasi NH_4^+ ($r= 0.577^{**}$, $p<0.01$), dengan pH tanah ($r= 0.332^{**}$, $p<0.01$), berhubungan erat dan nyata dengan nisbah $\text{NH}_4^+/\text{N-mineral}$ ($r= 0.134^{**}$, $p<0.05$) (Tabel 5.8).

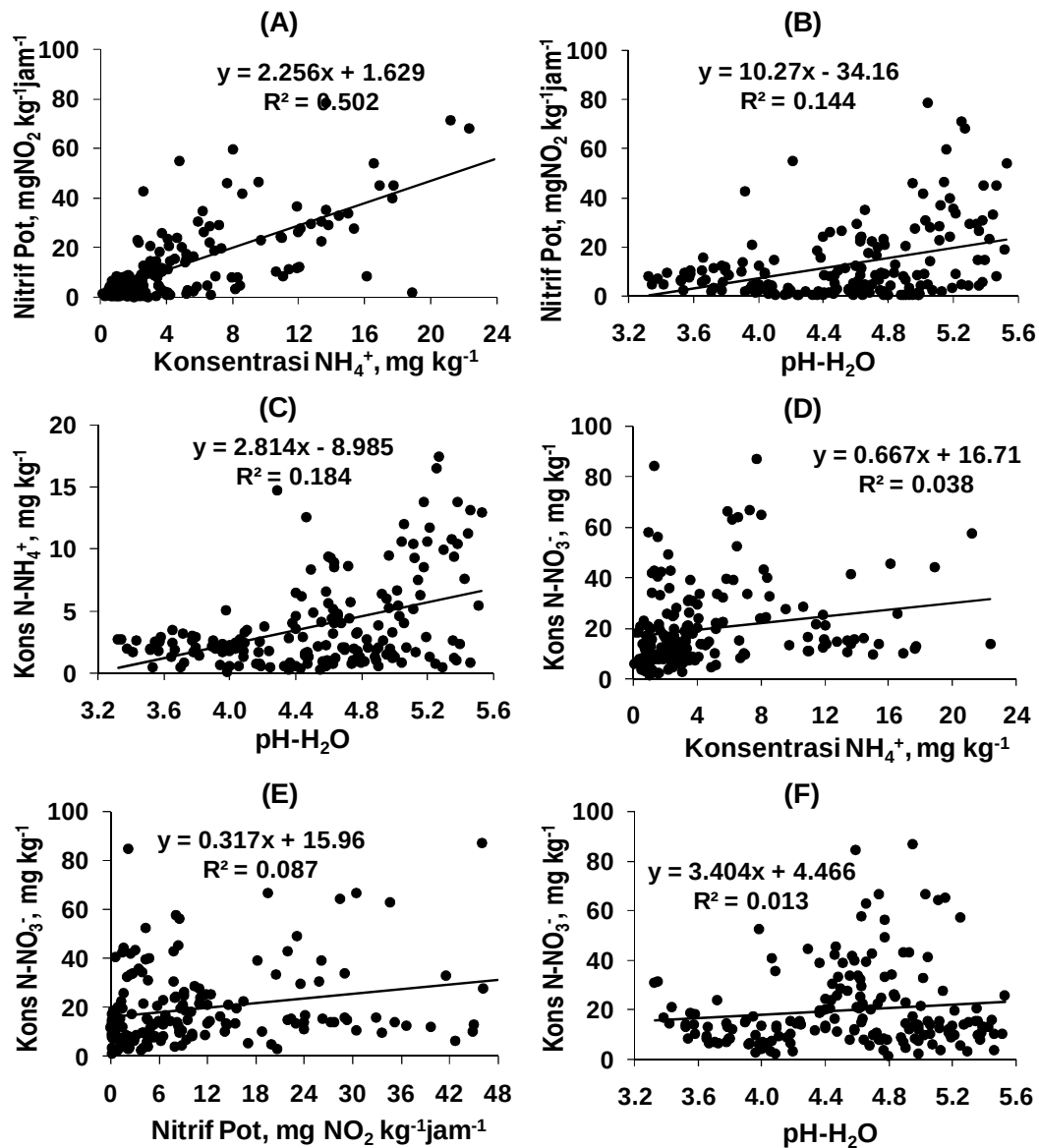
Tabel 5.8. Matriks korelasi beberapa peubah yang diukur dalam percobaan.

	Konsentrasi NH_4^+ tanah		Konsentrasi NO_3^- tanah		Potensial Nitrifikasi tanah		pH tanah	
	r	P	r	P	r	P	r	P
Konsentrasi NH_4^+ tanah			0.144**	0.009	0.577**	0.000	0.377**	0.000
Konsentrasi NO_3^- tanah	0.144**	0.009			0.242**	0.000	0.009	0.874
Nitrifikasi potensial	0.577**	0.000	0.242**	0.000			0.332**	0.000
pH tanah	0.377**	0.000	0.009	0.874	0.332**	0.000		
Nisbah $\text{NH}_4^+/\text{N-mineral}$	0.574**	0.000	-0.334**	0.000	0.134*	0.015	0.317**	0.000

Meningkatnya konsentrasi NH_4^+ akibat penambahan seresah pada percobaan ini diikuti oleh meningkatnya nitrifikasi potensial (Gambar 5.12A). Sekitar 73% dari variasi nitrifikasi potensial tanah berhubungan dengan konsentrasi NH_4^+ . Setiap peningkatan konsentrasi NH_4 sebanyak $10 \text{ mg NH}_4^+ \text{ kg}^{-1}$ meningkatkan nitrifikasi potensial sekitar 20%. Meningkatnya pH tanah diikuti oleh meningkatnya nitrifikasi potensial.

Dari hasil uji korelasi dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat 2 peubah tanah yang harus dikendalikan untuk menghambat nitrifikasi dalam tanah, yaitu menjaga pH tanah pada tingkat masam sehingga mengendalikan konsentrasi NH_4^+ . Namun harus dipertimbangkan pula bahwa pada pH tanah yang terlalu masam, akan mengakibatkan tanaman keracunan aluminium dan mangaan serta kekahatan P dan basa-basa tertukar. Dari Gambar 5.12 tersebut, dapat diestimasi bahwa pada konsentrasi $\text{NH}_4^+ < 100 \text{ mg kg}^{-1}$ maka nitrifikasi potensial masih berada dalam tingkat yang relatif rendah ($< 40 \text{ mg NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ jam}^{-1}$). Untuk mempertahankan konsentrasi $\text{NH}_4 < 100 \text{ mg kg}^{-1}$, pH tanah dipertahankan antara 4.5 - 5.0; kisaran pH ini 'aman' bagi pertumbuhan tanaman (Hairiah, 1994).

Bila konsentrasi $\text{NH}_4 < 20 \text{ mg kg}^{-1}$ dalam tanah relatif stabil (tidak ada pelindian dan serapan akar), maka dapat diestimasi konsentrasi NO_3^- sekitar 50 mg kg^{-1} . Namun demikian, penghitungan ini sifatnya masih pendugaan kasar yang mengabaikan banyak faktor yang terlibat, sehingga itu masih diperlukan penghitungan neraca N lebih lanjut dengan menggunakan model simulasi.



Gambar 5.12. Hubungan antara konsentrasi NH_4^+ dengan nitrifikasi potensial (A), pH tanah dengan nitrifikasi potensial (B), pH tanah dengan konsentrasi NH_4^+ (C), dan konsentrasi N-NH_4^+ dengan konsentrasi NO_3^- tanah (D).

5.10. Hubungan “kualitas seresah” dengan nitrifikasi potensial

Besarnya pengaruh masing-masing faktor kualitas {nisbah C/N, konsentrasi lignin (L), polifenol (P) dan (L+P)/N} ditunjukkan dengan nilai v_r (F_{hitung})-nya (Tabel 5.9). Semakin besar nilai F_{hitung} , semakin kuat pengaruh dari faktor kualitas seresah tersebut terhadap peubah yang diuji. Urutan peubah kualitas seresah yang berpengaruh paling nyata terhadap konsentrasi NH_4^+ tanah dapat dilihat dari urutan nilai F_{hitung} nya yaitu

(L+P)/N ($F_{hitung} = 82.59$), diikuti lignin ($F_{hitung} = 56.13$), dan yang terendah adalah nisbah C/N ($F_{hitung} = 16.79$) (Tabel 5.8).

Kualitas seresah yang berpengaruh paling nyata terhadap konsentrasi NO_3^- tanah berturut-turut adalah (L+P)/N ($F_{hitung} = 66.65$), diikuti C/N ($F_{hitung} = 44.19$), lignin ($F_{hitung} = 20.59$), dan yang terendah adalah polifenol ($F_{hitung} = 18.44$). Hal tersebut mengindikasikan bahwa faktor kualitas seresah yang paling berpengaruh terhadap pembebasan NH_4^+ dan pembentukan NO_3^- tanah di lapangan adalah nisbah (L+P)/N seresah. Dari uji kontras juga dibuktikan bahwa kandungan polifenol seresah secara terpisah tidak menunjukkan korelasi yang nyata dengan konsentrasi NH_4^+ dan nitrifikasi potensial tanah.

Tabel 5.9. F-hitung hasil uji kontras pengaruh seresah kualitas tinggi (gamal dan kencur) dan kualitas rendah (jambumete dan paitan) terhadap nitrifikasi potensial, konsentrasi NH_4^+ dan NO_3^- (NS= tidak nyata, ** sangat nyata pada taraf $p < 0.05$)

	Konsentrasi NH_4^+	Konsentrasi NO_3^-	Nitrifikasi potensial
C/N	16.79**	44.19**	15.57**
Lignin (L)	56.13**	20.59**	12.70**
Polifenol (P)	3.43 ^{NS}	18.44**	3.66 ^{NS}
(L+P)/N	82.59**	64.65**	28.07**

Semakin tinggi nisbah (lignin+polifenol)/N seresah akan semakin rendah mineralisasi NH_4^+ dan nitrifikasi potensial tanah. Hasil ini mendukung pernyataan Fox dkk. (*cit.* Handayanto, 1994) bahwa nisbah (lignin+polifenol)/N merupakan faktor yang lebih erat korelasinya dengan mineralisasi N daripada kandungan polifenol atau nisbah polifenol/N pada seresah.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

- Seresah berkualitas tinggi (gamal dan kencur) meningkatkan konsentrasi NH_4^+ , nitrifikasi potensial dan pelepasan NO_3^- melalui proses nitrifikasi.

- b) Kunci penghambatan nitrifikasi di lapangan adalah mempertahankan pH tanah pada tingkat masam sampai agak masam (pH maksimum 5.0), agar konsentrasi NH_4^+ tanah tidak terlalu tinggi (maksimal 100 mg kg^{-1}). Peningkatan konsentrasi NH_4^+ tanah meningkatkan nitrifikasi potensial dan pembentukan NO_3^- ,
- c) Besarnya pelepasan NH_4^+ (amonifikasi), pembentukan NO_3^- dan nitrifikasi potensial pada masing-masing jenis seresah, berkorelasi negatif nyata dengan nisbah kandungan (lignin + polifenol)/N seresah,
- d) Pada kondisi lapangan, nisbah (lignin+polifenol)/N seresah mempunyai pengaruh yang lebih kuat sebagai regulator konsentrasi NH_4^+ , NO_3^- dan nitrifikasi potensial tanah dibanding kandungan lignin, polifenol atau C/N seresah secara terpisah,
- e) Nisbah (lignin+polifenol)/N seresah dapat dianggap sebagai regulator proses nitrifikasi, dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pemilihan seresah yang sesuai untuk menghambat nitrifikasi,
- f) Pengaturan kualitas masukan seresah pohon penabung dapat diterapkan untuk mengendalikan proses nitrifikasi dan pelindian NO_3^- dalam tanah,

6.2. Saran

- a. Diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan seresah utuh (tanpa penghalusan) dan kisaran kualitas seresah yang lebih luas dan komposisi campuran seresah untuk memperkuat temuan ini. Luaran ini bermanfaat bagi petani untuk memperbaiki strategi pengelolaan tanah demi tercapainya peningkatan efisiensi pemupukan N dan pengurangan pencemaran NO_3^- pada air tanah dan perairan.
- b. Untuk studi mineralisasi seresah berkualitas rendah dalam takaran tinggi, disarankan agar inkubasi diperpanjang sampai lebih 18 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarnio, T and Martikainen, P.J. 1995. Mineralization of C and Nitrification in Scot Pine Forest Soil treated with Nitrogen Fertilizers containing different proportions of Urea and its Slow-releasing derivative, Ureaformaldehyde. *Soil Biol. Biochem.* 27, No.10. 1325 – 1331.
- Alves, J.R., Boodey, R.M. and Urquiga, S.S. 1993. A Rapid and Sensitive Flow Injection technique for the analysis in soil extract. *Communication Soil Science Plant Analysis*. 24 (3 & 4). 277 – 284.

- Anderson, J. and Ingram, J. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. Second Edition. CABI, UK. 221 p.
- Baon, J.B and Purwanto. 2008. The 22nd International Conference on Coffee Science – ASIC 2008, Brazil, from September 14th to 19th, 2008
- Cakmak, I. 2000. Plant Nutrition Research: Priorities to meet human needs for food in Sustainable ways. *Plant and Soil*. 247: 3 – 24.
- Dierloff, T., Fairhurst, T and Mutert, E., 2001. Soil Fertility Kit: A Toolkit for Acid, Upland Soil Fertility Management in Southeast Asia. *Handbook Series*. CTZ. FAO. PT Jasa Katom. PPI. PPIC. 149 p.
- Erickson, A.J., Ramsewak, R.S., Smucker, A.J. and Nair, M.G. 2000. Nitrification Inhibitors from the Roots of *Leucaena leucocephala*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(12). 6174-6177.
- <http://ss.jircas.affre.go.jp>. 2006. Exploiting biological nitrification inhibition in agriculture. *Jircas – CIAT*. 2 p.
- Kandeler, E. 1995. Potential Nitrification. In: Methods in Soil Biology. Schinner, F., Kandeler, E., Ohlinger, R. dan Margesin, R. (eds.) *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 146 -149.
- Laegreid, M., Bockman, O.C and Kaarstad, O. 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. *CABI Publishing in association with Norsk Hydro ASA*. 294 hal.
- Lubis, A.U. 1992. Kelapa (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia. Pusat Penelitian Pertanian Marihat-Bandar Kuala. 436 p.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M and Parker, J. 2000. Biology of Microorganisms. Ninth Edition. *Upper Saddle River. New Jersey*. 991 p.
- Myrold, D.D. 1999. Transformation of Nitrogen. In: Principles and Application of Soil Microbiology. Sylvia, D.M.; Jeffry, J.F; Peter, G.H and David A.Z. (eds.) *Prentice Hall, New Jersey*. 259 – 294.
- Paul, E.A. and Clarck, F.E. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. *Academic Press, Inc*.
- Prescott, C.E. 2005. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know ?. *Forest Ecology and Management*. 220. 66-74.
- Purwanto, Baon, J.B., and Hairiah, K. 2007a. Nitrifikasi Potensial dan Nitrogen-Mineral Tanah pada Sistem Agroforestri Kopi dengan Berbagai Spesies Pohon Penaung. *Pelita Pertanian Volume 23 (1)*. April 2007.
- Purwanto, Baon, J.B., and Hairiah, K. 2007b. Kualitas Masukan Seresah Pohon Penaung Dapat Menjadi “Regulator” Nitrifikasi Pada Lahan Agroforestri Kopi, *Pelita Pertanian Volume 23 (3)*, Desember 2007.
- Sastrosupadi, A. 2003. Penggunaan Regresi, Korelasi, Koefisien Lintas, dan Analisis Lintas untuk Penelitian Bidang Pertanian. *Bayumedia Publishing*.
- Schroth, G., da Silva, L.F., Seixas, R., Teixeira, W.G., Macedo, J.L.V. and Zech, W. 1999. Subsoil accumulation of mineral nitrogen under polyculture and monoculture plantations, fallow and primary forest in ferrallitic Amazonian upland soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 75. 109 – 120.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology (Third Edition). *Sinauer Associates, Inc., Publishers*. 67 – 86.

- Trolldenier, G. 1995. Nitrifiers by Most Probable Number Method. In: Methods in Soil Biology. Schinner, F., Kandeler, E., Ohlinger, R. dan Margesin, R. (eds.) *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 32-36
- Tomich, T.P., Van Noordwijk, M., Budidarsono, S., Gillison, A., Kusumanto, T., Murdyarso, D., Stole, F. and Fagi, A.M. 1998. Alternatives to slash-and-burn in Indonesia. *Summary Report and Synthesis of Phase II. ICRAF, Nairobi, Kenya*. 139 p.
- Van der Heide, J., Setijono, S., Syekhfani, M.S., Flach, E.N., Hairiah, K., Ismunandar, S., Sitompul, S.M., and Van Noordwijk, M. 1992. Can Low External Input Cropping Systems on Acid Upland Soils in the Humid Tropics be Sustainable? Backgrounds of the UniBraw/IB Nitrogen management project in Bunga Mayang (Sungkai Selatan, Kotabumi, N. Lampung, S. Sumatera, Indonesia). *AGRIVITA* 15. 1-10.
- Van Noordwijk, M. and de Willigen, P. 1987. Root as sinks and sources of carbon and nutrient in agricultural systems. In: Brussaard, L. and Ferrera-Cerrato, R. (eds). *Soil Biology in Sustainable Agricultural Systems. CRC Lewis Publ., Boca Raton, Florida*, pp 71-89.
- Van Noordwijk, M., Agus, F., Suprayogo, D., Hairiah, K., Pasya, G., Verbist, B., and Farida. 2004. Peranan agroforestri dalam mempertahankan fungsi hidrologi daerah aliran Sungai (DAS). *Agrivita*. 26. No.1. 1-8.
- Verchot, L.V., Mosier, A., Baggs, E.M. and Palm, C. 2004. Soil-Atmosphere Gas Exchange in Tropical Agriculture: Contributions to Climate Change. In: Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems. Concept and Models with Multiple Plant Components. Van Noordwijk, M., Cadish, G. and Ong, C.K. (eds.). *CAB Publishing. Wallingford, UK*. 209 – 225.
- Verchot, L.V., Hutabarat, L., Hairiah, K., dan Van Noordwijk, M., 2007. Nitrogen availability and soil N₂O emissions following conversion of forests to coffee in southern Sumatra. *Global Biochemical Cycles*, VOL. 20, (In press).
- Verhagen, F.J.M., Hageman, P.E.J., Woldendorp, J.W and Laanbroek, H.J. 1994. Competition for Ammonium between Nitrifying Bacteria and Plant Roots in Soil in Pots; Effect of Grazing by Flagellates and Fertilization. *Soil Biol. Biochem.* 26 (1) 89 – 96.
- Wolf, B., and Snyder, G.H. 2003. Sustainable Soils. The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. *Food Product Press. Haworth Press, Inc.*
- Woomer, P.L., Martin, A., Albrecht, A., Resck, D.V.S., dan Scharpeseel, H.W. 1994. The Importance and Management of Soil Organic Matter in the Tropics. In: The Biological Management of Tropical Soil Fertility. Woomer, P.L. and Swift, M.J. (eds.) *John Wiley and Sons. UK*. pp. 47 – 80.