

PENGARUH KUALITAS BAHAN ORGANIK DAN KESUBURAN TANAH TERHADAP MINERALISASI NITROGEN DAN SERAPAN N OLEH TANAMAN UBIKAYU DI ULTISOL

Andy Wijanarko¹, Benito Heru Purwanto², Dja'far Shiddieq², Didik Indradewa³

¹ Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.

Jl. Raya kendalpayak km 8, Kotak Pos 66, Malang, Jawa Timur 65101

² Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

³ Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Bahan organik tanah sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan produksi biomassa tanaman. Kualitas bahan organik merupakan salah satu kunci dalam menjaga kelestarian tanah, tanaman dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kualitas bahan organik dan kesuburan tanah terhadap mineralisasi N. Untuk mengestimasi parameter mineralisasi N (potensi mineralisasi N (N_0), laju mineralisasi (k), energi aktivasi (E_a) dan N_0k) dilakukan percobaan inkubasi di laboratorium, menggunakan persamaan first order. Sedangkan hubungan antara parameter mineralisasi dengan serapan hara N, dilakukan dengan melakukan percobaan pot di rumah kaca. Nilai N_0 , k dan E_a berturut-turut adalah $400 - 1156 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,0056 - 0,098$ per minggu dan $10166 - 31478 \text{ J mol}^{-1}$. Parameter mineralisasi N berkorelasi positif dengan N larut air, N-POM, Mikrobiomassa N, C-POM, Mikrobiomassa C, N-total dan nisbah C/N serta berkorelasi positif dengan berat kering tanaman, konsentrasi N dan serapan N tanaman ubikayu. Bahan organik yang mempunyai nisbah C:N rendah dan tanah yang mempunyai tingkat kesuburan yang lebih tinggi mempunyai mineralisasi N yang lebih tinggi, yang ditunjukkan dengan nilai N_0 , k dan N_0k yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan organik dengan nisbah C:N tinggi dan kesuburan tanah yang rendah.

Kata kunci : kualitas bahan organik, kesuburan tanah, mineralisasi N, serapan N

ABSTRACT

Soil organic matter affects the soil fertility and crop biomass production. Quality of organic matter is a key to protecting the soil, plants and the environment. This research aims to study the influence of the quality of soil organic matter and fertility of the mineralized N. To estimate the parameters of the mineralized N (N mineralization potential (N_0), the rate of mineralization (k), activation energy (E_a) and N_0k) incubation experiments conducted in the laboratory, using first-order equation. While the relationship between the parameters N mineralization with nutrient uptake, carried out by pot experiment in the greenhouse. Value of N_0 , k and E_a row is $400-1156 \text{ mg kg}^{-1}$, 0.0056 to 0.098 per week and $10166-31478 \text{ J mol}^{-1}$. Parameter N mineralization was positively correlated with water soluble N, N-POM, Mikrobiomassa N, C-POM, Mikrobiomassa C, N-total and the ratio C/N, and positively correlated with plant dry weight, N concentration and N uptake of cassava. Organic matters have ratios C: N and low soil fertility have higher levels have a higher N mineralization, as indicated by the value of N_0 , k and N_0k higher than the organic material with the ratio C: N high and low soil fertility.

Keywords: N mineralization, N uptake, quality of organic matter, soil fertility,

PENDAHULUAN

Ubikayu merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di Provinsi Lampung, Indonesia (Sarno *et al.* 2004). Penanaman ubikayu secara monokultur di Ultisol dapat menurunkan kesuburan tanah, yakni menurunkan bahan organik tanah dan nitrogen (N), yang pada akhirnya menyebabkan penurunan hasil ubikayu (Hairiah *et al.* 2000). Penambahan bahan organik dalam tanah berupa pupuk kandang atau limbah panen dapat meningkatkan kandungan N dan C dalam tanah (Fließbach *et al.* 2007). Dari semua unsur hara, unsur N dibutuhkan dalam jumlah paling banyak tetapi ketersediaannya selalu rendah karena mobilitasnya dalam tanah sangat tinggi. Nitrogen secara umum dapat dibagi menjadi dua yaitu nitrogen organik dan anorganik. Bentuk N anorganik adalah amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), bentuk N_2 dan NO merupakan bentuk yang hilang sebagai gas akibat proses denitrifikasi. Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk amonium dan nitrat, ion-ion ini berasal dari pemupukan dan dekomposisi bahan organik (Benbi dan Richter, 2002). Kemampuan tanah dalam menyediakan N sangat ditentukan oleh kondisi dan jumlah bahan organik tanah (Cookson *et al.* 2005). Proses mineralisasi merupakan proses yang bertanggungjawab atas ketersediaan N dalam tanah. Mineralisasi mencakup pelapukan bahan organik tanah yang melibatkan kerja enzim untuk menghidrolisa protein kompleks. Dalam proses dekomposisi, mikroorganisme memanfaatkan senyawa karbon dalam bahan organik untuk memperoleh energi dengan hasil sampingan berupa CO_2 . Hal ini yang menyebabkan selama dekomposisi, kadar C bahan organik akan berkurang sehingga nisbah C/N semakin rendah. Laju mineralisasi N organik menjadi N anorganik merupakan faktor penting dalam menentukan ketersediaan N dalam tanah. Proses mineralisasi N terdiri atas aminisasi (protein menjadi R-NH_2), amonifikasi (R-NH_2 menjadi NH_4^+) dan nitrifikasi (NH_4^+ menjadi NO_3^-) (Benbi dan Richter, 2002).

Stanford and Smith (1972) mengembangkan persamaan eksponensial sederhana untuk menggambarkan mineralisasi

nitrogen, dengan menggunakan persamaan ordo pertama untuk mengestimasi nilai N0 pada suhu 35°C pada 39 contoh tanah, dengan nilai N0 berkisar antara 18- 305 mg kg^{-1} soil dan nilai k berkisar dari 0.035 sampai 0.095 per minggu, dengan nilai rata-rata 0.054 per minggu. Kisaran nilai k yang lebar ini menunjukkan adanya perbedaan N organik aktif dan aktivitas mikrobial. Persamaan kinetika ordo pertama dapat digunakan untuk menggambarkan kinetika mineralisasi N pada penggunaan lahan, tanaman dan kondisi iklim yang berbeda (Nishio *et al.* 1994, Deng dan Tabatabai, 2000; Roelcke *et al.* 2002; Tida Ge *et al.* 2010; Zang *et al.* 2010; Kim *et al.* 2011). Model double exponential yang melibatkan dua bagian yang menggambarkan pol organik yang mempunyai perbedaan dalam proses dekomposisi yaitu pol cepat dan lambat, juga banyak digunakan untuk menerangkan mineralisasi N (Cartes *et al.* 2009). Beberapa tahun terakhir juga berkembang model logaritmik, parabolic dan hiperbolik. Akan tetapi model yang sering digunakan adalah model exponential. Mineralisasi merupakan proses dekomposisi bahan organik yang melibatkan mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme ditentukan oleh dinamika enzim yang sering digambarkan secara exponential sehingga mineralisasi secara teori juga dapat digambarkan secara exponential (Li *et al.* 2003). Seringkali beberapa model kinetika digunakan secara bersama-sama untuk menduga kinetika suatu unsur, kemudian dipilih model yang dapat menggambarkan proses kinetika tersebut berdasarkan nilai koefisien korelasi yang tertinggi dengan standart error yang terendah (Shariatmadari *et al.* 2006).

Penentuan sifat-sifat kimiawi tanah yang mempengaruhi kinetika mineralisasi N dalam tanah merupakan hal penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Watanabe *et al.* (1996) dan Inubushi *et al.* (1985) mengemukakan adanya korelasi negatif antara kandungan lempung dengan nilai k pada tanah sawah. Nilai N0 berkorelasi positif dengan C larut air (Inubushi and Wada, 1987). Pada lahan kering, nilai N0 berkorelasi positif dengan N organik yang diekstrak dengan fosfat buffer ekstraksi ($r = 0.66^{**}$, $^{**}P < 0.01$) dan ekstrak asam sulfat ($r = 0.69^{**}$, $^{**}P < 0.01$) (Sano *et al.* 2005). Pada tanah

gambut nilai N_0 berkorelasi negatif dengan nisbah C alkyl dengan O-alkyl C (Purwanto *et al.* 2005). Banyak penelitian mineralisasi N yang dihubungkan dengan sifat kimiawi tanah, tetapi masih jarang yang dihubungkan dengan fraksi-fraksi N atau C labil dalam tanah. Fraksi labil N dan C merupakan fraksi labil yang penting sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang berperan dalam proses mineralisasi. Fraksi ringan merupakan transit pool antara bahan organik segar dengan bahan organik yang terhumifikasi, berperan dalam cadangan C dan sumber energi mikroorganisme (Hayness, 2000; Laik *et al.* 2009; Burton *et al.*, 2007). Fraksi labil dari bahan organik (C dan N) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap cadangan bahan organik tanah. Perubahan kuantitas dari fraksi tersebut merupakan indikator awal untuk menduga pengaruh penggunaan dan pengelolaan tanah (Soon *et al.* 2007; Lou *et al.* 2011). Ketersediaan hara dalam tanah yang cukup dapat mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman yang tinggi. Serapan hara oleh tanaman tergantung pada konsentrasi hara dalam tanah. Ketersediaan hara N dalam tanah dipengaruhi oleh laju mineralisasi bahan organik, sehingga perlu dipelajari hubungan antara parameter kinetika mineralisasi N dengan ketersediaan hara N dan serapan N oleh tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah untuk pengaruh kualitas bahan organik dan kesuburan tanah terhadap mineralisasi N serta pengaruhnya terhadap serapan hara tanaman ubikayu.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Tanah dan Perlakuan Percobaan

Tanah yang digunakan diambil pada kedalaman 0-20 cm (topsoil) dengan jenis tanah Ultisol (ICALRD, 2008). Hasil analisis tanah percobaan disajikan pada Tabel 1. Pada tahap ini merupakan percobaan inkubasi yang

dilakukan pada suhu yang konstan (20°C, 25°C dan 30°C) didalam inkubator di laboratorium. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah penggunaan lahan, yang terdiri atas (1). Tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun, (2). Tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun. Faktor kedua adalah jenis bahan organik, yang terdiri atas (1). Biomassa Kacang tanah, (2). Biomassa Jagung, (3). Biomassa Kacang tanah-jagung, dengan perbandingan 1:1, (4). Biomassa Kacang tanah – jagung, dengan perbandingan 2:1, (5). Biomassa Kacang tanah – jagung, dengan perbandingan 1:2, (6). Tanpa biomassa.

Takaran biomassa berupa kacang tanah, kacang tanah-jagung dan jagung setara dengan 5 t/ha. Tanah yang digunakan terlebih dahulu di ayak dengan lolos ayakan < 2 mm, ditimbang seberat 10 g dan dimasukkan ke dalam botol plastik, kemudian diberi perlakuan bahan organik. Kandungan lengas tanah dipertahankan pada kapasitas lapangan dan botol-botol plastik ditempatkan di inkubator pada suhu 20°C, 25°C dan 30°C. Setelah 0, 2, 4, 8, 6, 10 dan 12 minggu dilakukan pengamatan kandungan N (NH_4^+ dan NO_3^-) dengan ekstrak 1 M KCl dan ditetapkan dengan metode Kjeldahl.

Hubungan antara parameter kinetika mineralisasi N dengan serapan hara diperoleh dengan melakukan penanaman ubikayu di rumah kaca dengan perlakuan yang sama dengan perlakuan inkubasi. Tanaman ditanam dalam pot yang berisikan 15 kg tanah dengan kondisi kapasitas lapangan. Tanaman dipanen pada saat berumur 4 bulan dan dilakukan analisis berat kering tanaman, kandungan hara N, serapan N dan analisis tanah yang meliputi C dan N labil meliputi C, N mikrobiomassa, C, N larut air dan C,N particulate organic matter (C, N POM) (Okore *et al.* 2007; Soon *et al.* 2007).

Tabel 1. Sifat Kimiawi Tanah Percobaan

Pengamatan	Tanah monokultur ubikayu < 10 tahun	Tanah monokultur ubikayu > 30 tahun
pH air	5,1	4,6
N-total (%)	0,073	0,037
C-organik (%)	2,06	0,70
P-Bray 1 (ppm P ₂ O ₅)	15,9	6,8
KPK (me/100g)	6,54	4,12
K (me/100g)	0,14	0,05
Ca (me/100g)	1,68	0,50
Mg (me/100g)	0,33	0,15

Pengamatan Kinetika Mineralisasi N

Kinetika mineralisasi diprediksi dengan menetapkan mineralisasi potensial (No dalam mg kg⁻¹), konstanta laju mineralisasi (k dalam day⁻¹), aktivasi energi apparent (Ea dalam J mol⁻¹), dengan menggunakan reaksi simple type model reaction sederhana dari laju mineralisasi yang dikembangkan oleh Sugihara (1976) :

$$N = N_0 [1 - \exp(-kt)] \quad (1)$$

N adalah jumlah N anorganik (mg N kg⁻¹) pada hari t, N₀ adalah mineralisasi potensial (mg kg⁻¹), k adalah konstanta laju mineralisasi (day⁻¹).

Untuk menentukan energi aktivasi (Ea, J mol⁻¹) menggunakan metode Kanda (2000) yaitu dengan dua suhu T1 dan T2 serta k1 dan k2 dengan rumus :

$$E_a = R / (1/T_1 - 1/T_2) \cdot \ln(k_1/k_2) \quad (2)$$

R adalah konstanta gas (8.318 J k⁻¹ mol⁻¹). Sedangkan untuk mengetahui waktu inkubasi minimum, T_m (Kanda, 2000) dengan rumus :

$$T_m = 0.76/k \quad (3)$$

Nilai Q₁₀ (model Arrhenius) menggunakan suhu sebagai referent dengan membandingkan konstanta mineralisasi N (Guntinas *et al.* 2012) :

$$Q_{10}^{[(T-T_1)/10]} = k/k_1 \quad (4)$$

Dimana T adalah suhu, T₁ : suhu referent (20°C), k : konstanta pada suhu T, k₁ : konstanta pada suhu T₁.

Analisis Statistik

Persamaan kinetika order pertama difit dengan prosedur fit curve menggunakan program SigmaPlot 12 (Systat software inc, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mineralisasi Nitrogen selama Inkubasi

Pencampuran bahan organik berupa kacang tanah dan jagung memberikan pengaruh terhadap pola mineralisasi N (Gambar 1). Pada pengamatan minggu terakhir terlihat mineralisasi N pada pemberian bahan organik yang berasal dari jagung lebih rendah dibandingkan apabila dilakukan pencampuran dengan bahan organik yang berasal kacang tanah. Mineralisasi N dari yang tertinggi hingga yang terendah berturut-turut sebagai berikut : kacang tanah : jagung (2:1) > kacang tanah : jagung (1:1) > kacang tanah > jagung > kacang tanah : jagung (1:2) > tanpa bahan organik. Pencampuran kedua bahan tersebut menyebabkan komposisi kimiawi menjadi berubah terutama nisbah C:N, bahan organik yang berasal dari jagung yang mempunyai nisbah C:N tinggi akan berubah menjadi lebih rendah apabila dicampur dengan bahan organik yang berasal dari kacang tanah. Rendahnya nisbah C:N tersebut menyebabkan bahan organik mudah mengalami mineralisasi. Hasil ini serupa dengan Singh *et al.* (2007) yakni pencampuran bahan organik dengan nisbah C:N rendah (16) yang berasal dari sesbania dan nisbah C:N tinggi (82) yang berasal dari jerami gandum menghasilkan mineralisasi N yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pencampuran. Nisbah C:N seringkali digunakan untuk memprediksi kecepatan mineralisasi N, hasil penelitian yang menggunakan berbagai nisbah C:N menunjukkan bahwa break even point antara mineralisasi dan immobilisasi terjadi pada nisbah C:N sekitar 21 (Hadas *et al.* 2004).

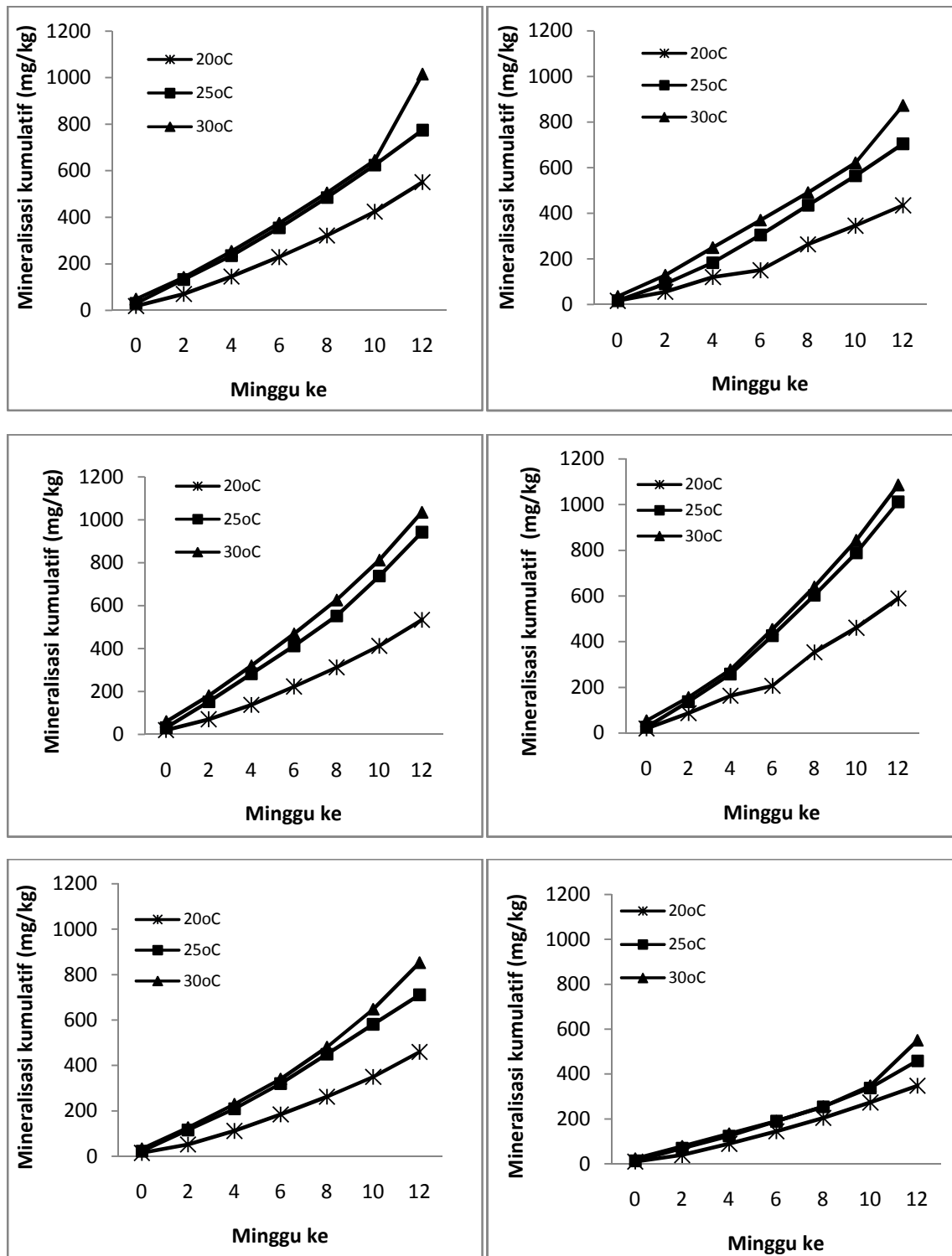
Suhu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap mineralisasi N. Semakin tinggi suhu, mineralisasi N semakin besar.

Pada semua perlakuan, suhu 30°C menghasilkan mineralisasi N lebih besar dibandingkan pengamatan pada suhu lainnya, meskipun antara suhu 30°C dan 25°C mineralisasi N tidak terlihat berbeda (Gambar 1). Menurut Nicolardot *et al.* (1994) dan Stark dan Firestone (1996) mineralisasi N maksimum berada pada kisaran suhu antara 25-35°C.

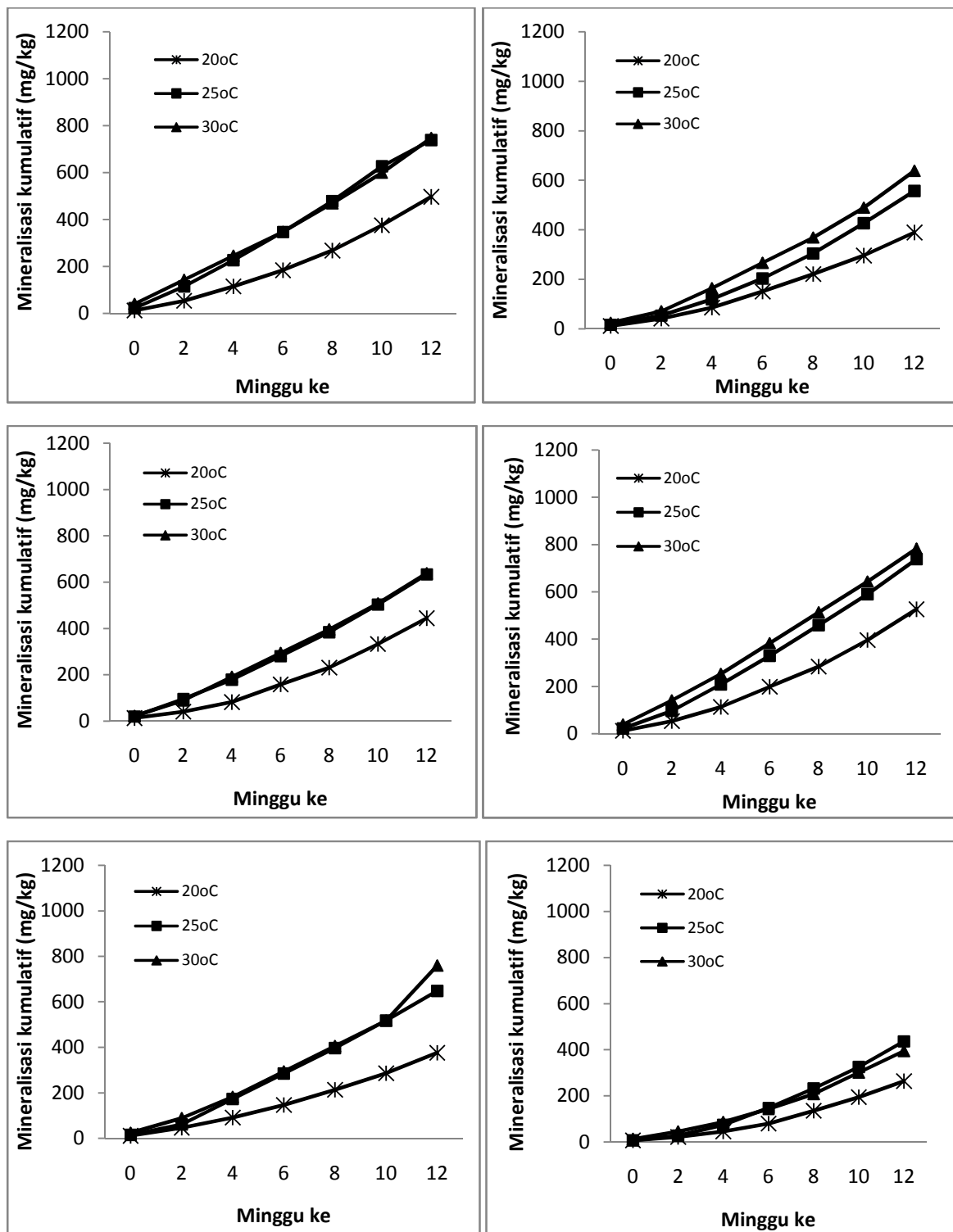
Pola mineralisasi N yang serupa juga diperoleh pada perlakuan dengan menggunakan tanah yang telah ditanami ubikayu selama lebih dari 30 tahun (Gambar 2), dimana pemberian bahan organik yang berasal kacang tanah menghasilkan mineralisasi yang lebih tinggi. Mineralisasi N tertinggi adalah kacang tanah : jagung (2:1) > kacang tanah > kacang tanah : jagung (1:2) > kacang tanah : jagung (1:1) > jagung > tanpa bahan organik.

Kesuburan tanah berpengaruh terhadap jumlah N yang dilepaskan selama proses

mineralisasi. Pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun mineralisasi N lebih tinggi dibandingkan pada tanah yang sudah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun. Pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun jumlah kumulatif N yang dilepaskan mencapai 1086 mg kg⁻¹ sedangkan pada tanah yang sudah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun jumlah N yang dilepas adalah 783 mg kg⁻¹. Tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun mempunyai kesuburan yang lebih tinggi yaitu pH, N, C-organik, P dan basa-basa dapat ditukar lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun (Tabel 1). Gonzalez-Prieto *et al.* (1992) mengemukakan bahwa mineralisasi berkorelasi negatif dengan aluminium dan hidrogen dapat ditukar, Fe tersedia. Peningkatan pH tanah akan meningkatkan mineralisasi N (gang-Li *et al.* 2007).



Gambar 1. Pengaruh pemberian beberapa proporsi bahan organik asal kacang tanah dan jagung pada penggunaan lahan untuk ubikayu kurang dari 10 tahun terhadap kumulatif mineralisasi N. (a. kacang tanah, b. jagung, c. kacang tanah : jagung 1:1, d. kacang tanah : jagung 2:1, e. kacang tanah : jagung 1:2, f. tanpa bahan organik).



Gambar 2. Pengaruh pemberian beberapa proporsi bahan organik asal kacang tanah dan jagung pada penggunaan lahan untuk ubikayu lebih dari 30 tahun terhadap kumulatif mineralisasi N. (a. kacang tanah, b. jagung, c. kacang tanah : jagung 1:1, d. kacang tanah : jagung 2:1, e. kacang tanah : jagung 1:2, f. tanpa bahan organik).

Laju Mineralisasi (k), N Potensial (N₀) dan Q₁₀

Pemberian bahan organik yang berasal dari kacang tanah dan jagung berpengaruh terhadap konstanta laju mineralisasi (k). Laju mineralisasi (k) pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun dan yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun mempunyai pola yang sama, pencampuran bahan organik yang berasal kacang tanah : jagung (2:1) mempunyai nilai k tertinggi dan diikuti kacang tanah, kacang tanah: jagung (1:1), kacang tanah : jagung (1:2), jagung dan tanpa bahan organik (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan bahwa pencampuran bahan organik kacang tanah dengan nisbah C:N rendah dengan bahan organik asal jagung yang mempunyai nisbah C:N tinggi mampu meningkatkan laju mineralisasi dibandingkan dengan bahan organik asal jagung saja, ini disebabkan menurunnya nisbah C:N. Sholihah *et al.* (2012) mengemukakan bahwa laju mineralisasi berkorelasi dengan nisbah C:N (0,582*). Mineralisasi N dipengaruhi oleh nisbah C:N, bahan organik yang mempunyai nisbah C:N rendah menghasilkan laju mineralisasi lebih tinggi dibandingkan dengan bahan organik dengan nisbah C:N tinggi (Abera *et al.* 2012). Pengamatan terhadap N potensial juga menghasilkan pola yang sama dengan laju mineralisasi. Bahan organik yang lebih mudah mengalami mineralisasi menghasilkan nilai N potensial lebih tinggi, hal ini terjadi pada bahan organik asal legume.

Konstanta laju mineralisasi (k) meningkat dengan meningkatnya suhu. Peningkatan k dari suhu 20°C ke 30°C pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun sekitar 32%, sedangkan pada tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun sekitar 27%. Guntinas *et al.* (2011) mengemukakan bahwa nilai k sangat dipengaruhi oleh suhu, nilai tersebut meningkat tajam antara suhu 25°C dan 35°C. Peningkatan nilai k akibat suhu tersebut disebabkan karena proses dekomposisi bahan organik yang menjadi lebih cepat (Nordmeyer dan Richter, 1985). Hal ini disebabkan adanya perubahan komposisi biokimia bahan organik, perubahan

proses transport seperti proses difusi yang dipengaruhi suhu dan peningkatan jumlah mikrobia (MacDonald *et al.* 1995). Nilai k tertinggi pada perlakuan pemberian bahan organik kacang tanah : jagung (2:1), yaitu 0,098 pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun dan 0,0083 pada tanah yang sudah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun, sedangkan nilai terendah pada perlakuan tanpa pemberian bahan organik yaitu 0,0063 dan 0,0058. Nilai k yang rendah dapat diasumsikan bahwa pada tanah tersebut mempunyai aktivitas mikroorganisme yang juga rendah (Nira dan Nishimune, 1993). Pada tanah dengan kandungan bahan organik rendah, jumlah mikrobia dalam tanah juga rendah yang pada akhirnya menghambat laju mineralisasi N (Nishio *et al.* 1994).

Konstanta atau nilai Q₁₀ merupakan pengukuran kecepatan perubahan secara biologi atau kimiawi sebagai akibat peningkatan suhu setiap 10°C. Rodrigo *et al.* (1997) dan Harthey dan Ineson (2008) mengusulkan bahwa model Arrhenius dengan menggunakan suhu referent (20°C) untuk membandingkan variasi laju mineralisasi dari satu suhu ke suhu lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis bahan organik dan penggunaan lahan mempengaruhi nilai Q₁₀. Nilai Q₁₀ pada lahan yang ditanami ubikayu kurang dari 10 berkisar antara 1,13 sampai 1,46 dengan nilai tertinggi pada perlakuan pemberian bahan organik kacang tanah : jagung (2:1), sedangkan pada lahan yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun, nilai Q₁₀ antara 1,14-1,38. Nilai Q₁₀ lebih besar pada jenis bahan organik dengan nisbah C:N rendah dan pada penggunaan tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun (Tabel 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai Q₁₀ termasuk normal, hasil penelitian Kirschbaum (1995) nilai Q₁₀ pada suhu 30°C berkisar antara 1,10 – 1,93. Adanya perbedaan nilai Q₁₀ umumnya disebabkan oleh perbedaan komposisi bahan organik, keadaan penelitian dan kisaran suhu yang digunakan (Rodrigo *et al.* 1997).

Tabel 2. Pengaruh penambahan bahan organik legume dan non legume dengan beberapa proporsi terhadap nilai k (per minggu), mineralisasi N potensial dan Q_{10} pada beberapa suhu di Ultisol, percobaan inkubasi 2012.

Perlakuan (asal BO)	k	20°C N0	R ²	k	25°C N0	R ²	k	30°C N0	R ²	Q ₁₀
Lama penggunaan lahan untuk ubikayu < 10 tahun										
Kacang tanah (KT)	0,0064	693,5	0,992	0,0070	703,9	0,997	0,0090	743,0	0,996	1,41
Jagung (J)	0,0061	560,5	0,986	0,0069	848,1	0,993	0,0074	989,8	0,989	1,21
KT : J (1:1)	0,0064	673,6	0,991	0,0077	979,8	0,995	0,0090	1000,9	0,995	1,41
KT : J (2:1)	0,0067	725,8	0,987	0,0074	1248,1	0,993	0,0098	1150,5	0,994	1,46
KT : J (1:2)	0,0060	621,1	0,988	0,0063	722,0	0,997	0,0078	1056,2	0,989	1,30
Tanpa BO	0,0056	400,2	0,967	0,0060	560,4	0,990	0,0063	641,1	0,966	1,13
Lama penggunaan lahan untuk ubikayu > 30 tahun										
Kacang tanah (KT)	0,0058	660,3	0,984	0,0077	676,7	0,997	0,0080	587,5	0,996	1,37
Jagung (J)	0,0056	518,6	0,985	0,0057	784,8	0,981	0,0067	825,9	0,990	1,19
KT : J (1:1)	0,0057	635,9	0,975	0,0072	709,2	0,995	0,0076	650,7	0,997	1,33
KT : J (2:1)	0,0060	718,2	0,983	0,0074	828,2	0,996	0,0083	1057,8	0,998	1,38
KT : J (1:2)	0,0060	494,1	0,988	0,0068	787,2	0,993	0,0072	994,1	0,982	1,20
Tanpa BO	0,0051	400,2	0,967	0,0052	706,8	0,972	0,0058	544,7	0,981	1,14

Energi Aktivasi dan Waktu Inkubasi

Nilai energi aktivasi juga dipengaruhi oleh jenis bahan organik dan penggunaan lahan. Energi aktivasi lebih tinggi pada perlakuan pemberian bahan organik yang dicampur dengan bahan organik asal kacang tanah dan penggunaan tanah untuk ubikayu kurang dari 10 tahun. Pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun, nilai energi aktivasi berkisar antara 10166 J mol⁻¹ (tanpa bahan organik) - 31478 J mol⁻¹ (kacang tanah : jagung, 2:1). Pada tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun, nilai energi aktivasi berkisar antara 10899 J mol⁻¹ (tanpa bahan organik) - 26791 J mol⁻¹ (kacang tanah : jagung, 2:1) (Tabel 3). Energi aktivasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa pengaruh suhu yang besar terhadap mineralisasi N (Purwanto *et al.* 2005).

Energi aktivasi berhubungan erat dengan waktu inkubasi minimum. Semakin besar energi aktivasi maka waktu inkubasi minimum semakin pendek. Waktu inkubasi minimum berkisar antara 77 – 120 hari, pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun sedangkan pada tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun waktu inkubasi antara 91 – 131 hari (Tabel 3). Pencampuran bahan organik jagung dengan kacang tanah dapat memperpendek waktu inkubasi minimum.

Hubungan antara Parameter Kinetika Mineralisasi N dengan Fraksi Labil N dan C

Koefisien korelasi antara parameter kinetika mineralisasi N dengan fraksi labil C, fraksi labil N, C, N dan nisbah C:N disajikan pada Table 4. Nilai N0 dan N0.k berhubungan positif dan nyata dengan N larut air, N-POM, Mikrobiomassa N, C-POM, Mikrobiomassa C, N-total dan berkorelasi negatif nisbah C/N. Hasil penelitian Sano *et al.* (2006) pada lahan kering menemukan nilai N0 berkorelasi positif dengan N larut air (0,66**), C larut air (0,76**), N total (0,29*) dan C total (0,26*). Lebih lanjut Sano *et al.* (2006) mengemukakan bahwa nilai N0 merupakan indeks mineralisasi N dalam jangka lama, sedangkan nilai N0.k merupakan indeks mineralisasi jangka pendek. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai N0 dan N0.k sama-sama berhubungan positif dengan N larut air, N-POM, Mikrobiomassa N, C-POM, Mikrobiomassa C, N-total dan berkorelasi negatif dengan nisbah C/N. Hal ini menunjukkan bahwa sumber N dalam mineralisasi jangka pendek dan jangka panjang adalah sama (Sano *et al.* 2006). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fraksi labil N lebih berperan terhadap proses mineralisasi.

Tabel 3. Pengaruh penambahan bahan organik legume dan non legume dengan beberapa proporsi terhadap nilai energi aktivasi dan waktu inkubasi di Ultisol, percobaan inkubasi 2012.

Perlakuan (asal BO)	Energi aktivasi (J mol ⁻¹)	Waktu inkubasi (hari)
Lama penggunaan lahan untuk ubikayu < 10 tahun		
Kacang tanah (KT)	28580	84.4
Jagung (J)	15856	102.7
KT : J (1:1)	28580	84.4
KT : J (2:1)	31478	77.6
KT : J (1:2)	10166	97.4
Tanpa BO	10166	120.6
Lama penggunaan lahan untuk ubikayu > 30 tahun		
Kacang tanah (KT)	26186	95.0
Jagung (J)	14469	113.4
KT : J (1:1)	23721	100.0
KT : J (2:1)	26791	91.6
KT : J (1:2)	15166	105.6
Tanpa BO	10899	131.0

Tabel 4. Koefisien determinasi (R^2) antara parameter kinetika mineralisasi N (N_0 , k, dan $N_0.k$) dengan fraksi labil N, fraksi labil C, N total, C total dan nisbah C/N.

Pengamatan	N_0	k	$N_0.k$
N larut air (%)	0,585**	0,563**	0,632**
N-POM (%)	0,643**	0,482**	0,650**
Mikrobiomassa N (mg kg ⁻¹)	0,390*	0,286	0,405*
C larut air (%)	0,014	0,056	0,001
C-POM (%)	0,522**	0,489**	0,544**
Mikrobiomassa C (mg kg ⁻¹)	0,453**	0,388*	0,499**
C (%)	-0,145	-0,141	-0,179
N (%)	0,608**	0,453**	0,697**
Nisbah C/N	-0,487**	-0,453**	-0,534**

* nyata pada $P < 0.05$, ** nyata pada $P < 0.01$

Pada tanah atau lahan kering jumlah fraksi labil N relatif rendah dengan penambahan bahan organik yang relatif mudah terdekomposisi menyebabkan fraksi labil N inilah yang menjadi sumber mineralisasi N (Sano et al. 2006).

Hubungan antara Parameter Kinetika Mineralisasi N dengan Serapan N

Parameter kinetika mineralisasi N berkorelasi positif dengan berat kering tanaman, konsentrasi N dalam daun dan serapan N tanaman (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa parameter kinetika mineralisasi N merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengestimasi serapan hara N dalam tanaman. Parameter kinetika

mineralisasi, N_0 merupakan N potensial yang termineralisasi, sedangkan konstanta k merupakan parameter laju mineralisasi N. Semakin tinggi nilai N_0 dan k maka jumlah mineralisasi N dari bahan organik akan semakin tinggi juga. Penambahan bahan organik ke dalam tanah akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme perombak bahan organik, terutama mikrobiomassa N dan C (Tabel 4). Peningkatan aktivitas ini pada akhirnya meningkatkan ketersediaan N melalui proses mineralisasi. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan nilai parameter N_0 , k dan $N_0.k$. Parameter kinetika mineralisasi N berhubungan erat dengan ketersediaan N dalam tanah, yang berakibat pada peningkatan serapan N oleh tanaman. Mikroorganisme

tanah dapat menggunakan berbagai macam sumber N untuk daur hidupnya. Pada saat dekomposisi bahan organik, mikroorganisme akan melepaskan N secara langsung ke dalam tanah atau memanfaatkannya lebih dahulu untuk keperluan hidupnya kemudian dilepaskan ke dalam tanah melalui proses

sekresi (Geisseler *et al.* 2009). De-zhi *et al.* (2006) mengemukakan bahwa mineralisasi N berhubungan positif dengan serapan N pada padi, dimana pada perlakuan tanpa pemupukan N sekitar 98% N yang diserap tanaman merupakan hasil dari mineralisasi N.

Tabel 5. Koefisien determinasi (R^2) antara parameter kinetika mineralisasi N (N_0 , k , dan $N_0.k$) dengan berat kering tanaman, konsentrasi N dan serapan N.

Pengamatan	N_0	k	$N_0.k$
Berat kering tanaman	0,519**	0,458**	0,621**
Konsentrasi N	0,485**	0,613**	0,681**
Serapan N	0,539**	0,586**	0,716**

* nyata pada $P < 0.05$, ** nyata pada $P < 0.01$

SIMPULAN

Mineralisasi pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun dan yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun mempunyai pola yang sama, pencampuran bahan organik yang berasal kacang tanah : jagung (2:1) mempunyai nilai k tertinggi dan diikuti kacang tanah, kacang tanah: jagung (1:1), kacang tanah : jagung (1:2), jagung dan tanpa bahan organik. Kesuburan tanah berpengaruh terhadap mineralisasi N, tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun mempunyai mineralisasi N lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun. Konstanta laju mineralisasi (k) dipengaruhi oleh suhu. Peningkatan k dari suhu 20°C ke 30°C pada tanah yang ditanami ubikayu kurang dari 10 tahun sekitar 32%, sedangkan pada tanah yang telah ditanami ubikayu lebih dari 30 tahun sekitar 27%. Parameter mineralisasi N yaitu N_0 dan $N_0.k$ berhubungan positif dan nyata dengan N larut air, N-POM, Mikrobiomassa N, C-POM, Mikrobiomassa C, N-total dan nisbah C/N dan berkorelasi positif dengan berat kering tanaman, konsentrasi N dalam daun dan serapan N tanaman. Parameter mineralisasi N penting untuk diketahui karena dapat digunakan untuk mengestimasi serapan hara N dalam tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian atas pembiayaan belajar dan penelitian selama bertugas belajar di UGM.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, G, E.Wolde-meskel and L. R. Bakken. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. *Biol Fertil Soils*. 48:51– 66.
- Benbi, D.K, and J. Richter. 2002. A critical review of some approaches to modelling nitrogen mineralization. *Biol Fertil Soils*. 35:168–183.
- Burton, J, C. Chen, Z. Xu and H. Ghadiri. 2007. Soluble organic nitrogen pools in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Soil Biology and Biochemistry*. 39 : 2723–2734.
- Cartes, P., A. Jara, R. Demanet and M. de la Luz Mora. 2009. Urease activity and nitrogen mineralization kinetics as affected by temperature and urea input rate in southern Chilean Andisol. *J. Soil Sc. Plant Nutr*. 9 (1) : 69-82.
- Cookson, W. R, I. S. Cornforth and J.S. Rowarth. 2002. Winter soil temperatur (2-15 °C) effect on nitrogen transformations in clover green manure amandend and

- unamandend soils : a laboratory and field study. *Soil Biol. Biochem.* 34: 1401-1415.
- Deng, S.P and M.A. Tabatabai. 2000. Effect of cropping systems on nitrogen mineralization in soils. *Biol Fertil Soils.* 31:211-218.
- De-Zhi, Y, D. Wang, R. Sun and J. Lin. 2006. N Mineralization as Affected by Long-Term N and Its Relationship with Crop N Uptake. *Pedosphere.* 16 (1) : 125-130.
- Fließbach, A. H. Oberholzer, L. Gunst and P. Mader. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 118 : 273-284.
- gang Li, X, Z. Rengel, E. Mapfumo, and B. Singh. 2007. Increase in pH stimulates mineralization of native organic carbon and nitrogen in naturally salt-affected sandy soils. *Plant Soil.* 290:269-282.
- Geisseler, D, W. R. Horwath, and T. A. Doane. 2009. Significance of organic nitrogen uptake from plant residues by soil microorganisms as affected by carbon and nitrogen availability. *Soil Biology and Biochemistry.* 41 : 1281-1288.
- Gonzalez-Prieto, S. J, M.C. Villar, M. Carballas and T. Carballas. 1992. Nitrogen mineralization and its controlling factors in various kinds of temperate humid-zone soils. *Plant and Soil.* 144: 31- 44.
- Gutiñas, M.E, M.C. Leirós, C. Trasar-Cepeda, and F. Gil-Sotres. 2012. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: A laboratory study. *European Journal of Soil Biology.* 48 : 73-80.
- Hadas, A, L. Kautsky, M. Goek, and E. E. Kara. 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry.* 36 : 255-266.
- Hairiah, K, M. Van Noordwijk and G. Cadisch. 2000. Crop yield, C and N balance of three types of cropping systems on an Ultisol in Northern Lampung. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 48 : 3-17.
- Hartley, I. P, and P. Ineson. 2008. Substrate quality and the temperature sensitivity of soil organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry.* 40 : 1567-1574.
- Haynes, R.J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology and Biochemistry.* 32 : 211-219.
- Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development (ICALRD). 2008. Identification and land suitability mapping for soybean at Sumatera. 146 p (In Indonesian).
- Inubushi K and Wada H 1987: Easily decomposable organic matter in paddy soils : Effect of various pretreatments on N-mineralization in submerged soils *Soil Science and Plant Nutrition.* 33,567-576.
- Inubushi K, Wada H, and Taki Y 1985: Easily decomposable organic matter in paddy soils : Kinetics of nitrogen mineralization in submerged soils. *Soil Science and Plant Nutrition.* 31, 563- 572.
- Kanda, K. 2000. Rapid anaerobic incubation methods for measuring N mineralization potential in soil. *Jircas Journal.* 8 : 33-40.
- Kim, I, M. Deurer, S. Sivakumaran, K. Young Huh, S. Green and B. Clothier. 2011. The impact of soil carbon management and environmental conditions on N mineralization. *Biol Fertil Soils.* 47:709 – 714.
- Kirschbaum, M.U.F., 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic storage. *Soil Biol. Biochem.* 27 : 753 – 760.
- Laik, R, K. Kumar, D.K. Das and O.P. Chaturvedi. 2009. Labile soil organic matter pools in a Calciorthent after 18 years of afforestation by different

- plantations. *Applied Soil Ecology*. 42 : 71–78.
- Li, H., Y. Han, and Z. Cai. 2003. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Taihu Region of China under anaerobic conditions: dynamics and model fitting. *Geoderma* 115: 161–175.
- Lou, Y., J. Wang, and W. Liang. 2011. Impacts of 22-year organic and inorganic N managements on soil organic C fractions in a maize field, northeast China. *Catena* 87 : 386– 390.
- MacDonald, N. W, D. R. Zak, and K.S. Pregitzer. 1995. Temperature effects on kinetics of microbial respiration and net nitrogen and sulfur mineralization. *Soil Sci Soc Am J*. 59 : 233–240
- Nicolardot B, G. Fauve, and D. Cheneby. 1994. Carbon and nitrogen cycling through soil microbial biomass at various temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*. 26:253–261.
- Nira, R dan A. Nishimune. 1993. Studies on nitrogen mineralization properties of Tokachi soils by kinetic analysis. *Soil Science and Plant Nutrition*. 39:2, 321–329.
- Nishio, T, H. Sekiya, K. Toriyama dan K. Kogano. 1994. Changes in gross rates of nitrogen transformations in soil caused by conversion of paddy fields to upland fields. *Soil Science and Plant Nutrition*. 40(2) : 301–309.
- Nordmeyer H and J. Richter. 1985. Incubation experiments on nitrogen mineralization in loess and sandy soils. *Plant Soil*. 83 : 433–445.
- Okore, I.K, H. Tijani-Eniola, A.A. Agboola and E.A. Aiyelari. 2007. Impact of land clearing methods and cropping systems on labile soil C and N pools in the humid zone Forest of Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120 : 250–258.
- Purwanto, B.H, A. Watanabe, J. F. Shoon, K. Kakuda dan H. Ando. 2005. Kinetic Parameters of Gross N Mineralization of Peat Soils as Related to the Composition of Soil Organic Matter. *Soil Science and Plant Nutrition*. 51:1 :109–115.
- Rodrigo A, S. Recous, C. Neel, and B. Mary. 1997. Modeling temperature and moisture effects on C N transformations in soils: comparison of nine models. *Ecol Model*. 102:325–339.
- Roelcke1, M, Y. Han, Z. Cai and J. Richter. 2002. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Chinese Taihu Region under aerobic conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 63: 255–266.
- Sano, S, J. Yanai dan T. Kosaki. 2006. Relationships between labile organic matter and nitrogen mineralization in Japanese agricultural soils with reference to land use and soil type. *Soil Science and Plant Nutrition*. 52:1, 49–60.
- Sarno, M. Iijima, J. Lumbanraja, Sunyoto, E. Yuliadi, Y. Izumi, and A. Watanabe. 2004. Soil chemical properties of an Indonesian red acid soils affected by land use and crop management. *Soil and Tillage Research*. 76 : 115–124.
- Shariatmadari, H, M. Shirvani and A. Jafari. 2006. Phosphorus release kinetics and availability in calcareous soils of selected arid and semiarid toposequences. *Geoderma*. 132 : 261–272.
- Sholihah, A, S. Prijono, S. R. Utami and E. Handayanto. 2012. N Mineralization from Residues of Crops Grown with Varying Supply of ¹⁵N Concentrations. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 4, No. 8. 117–123.
- Singh, S, N. Ghoshal, and K.P. Singh. 2007. Synchronizing nitrogen availability through application of organic inputs of varying resource quality in a tropical dryland agroecosystem. *Applied Soil Ecology*. 36 : 164–175.
- Soon, Y.K, M.A. Arshad, A. Haq and N. Lupwayi. 2007. The influence of 12 years of tillage and crop rotation on total and labile organic carbon in a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*. 95 : 34–46.
- Stanford, G and S.J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Amer. Proc*. 36: 465–472.

- Stark J. M, and M.K. Firestone. 1996. Kinetic characteristics of ammonium-oxidizer communities in a California oak woodland-annual grassland. *Soil Biology and Biochemistry*. 28:1307–1317
- Sugihara S, T. Konno and K. Ishii. 1986. Kinetics of nitrogen mineralization of organic nitrogen in soil. *Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.*, 1, 127- 166 (in Japanese with English summary)
- Tida Ge, S. Nie, Y. Hong , J. Wu, H. Xiaoa, C. Tong, and K. Iwasaki. 2010. Soluble organic nitrogen pools in greenhouse and open field horticultural soils under organic and conventional management: A case study. *European Journal of Soil Biology*. 46: 371-374.
- Wang, W.J, C. J. Smith and D. Chen. 2003. Towards a standardised procedure for determining the potentially mineralisable nitrogen of soil. *Biol Fertil Soils* 37:362–374.
- Watanabe I, I.J, Manguiat and G.B, Mascarina. 1996. Nitrogen mineralization in tropical wetland rice soils. II. Application of exponential models. *Soil Science and Plant Nutrition*. 42, 239-249
- Zhang, C, J. A. Trofymow, R. C. Jamieson, F. Meng, R. Gordon, and C. Bourque. 2010. Litter decomposition and nitrogen mineralization from an annual to a monthly model. *Ecological Modelling*. 221: 1944–1953.