

PEMANFAATAN JERAMI PADI BERLABEL ^{15}N UNTUK MELACAK DISTRIBUSI NITROGEN DENGAN INDIKATOR TANAMAN JAGUNG

Anis.Sholihah dan Agus Sugianto

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang

Jl.M.T. Haryono 193, Malang 65144, Jawa Timur Indonesia

Korespondensi : ash_unisma@yahoo.com

Abstrak

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui distribusi nitrogen dari residu tanaman (jerami padi=JP) yang diberikan ke dalam tanah. Jerami padi berlabel ^{15}N berasal dari dari tanaman padi yang dipupuk dengan empat konsentrasi ^{15}N (urea) yang berbeda yaitu 0 mM (N0), 0,625 mM (N1), 2,5 mM (N2), dan 10 mM (N3) yang ditanam pada pot plastik berdiameter 30 cm berisi 5 kg pasir kuarsa dan ditempatkan pada *green house*. Setelah 8 minggu padi dipanen dan biomasnya dioven pada suhu 60°C selama 48 jam kemudian dianalisis kualitas residunya. Empat macam JP dengan konsentrasi ^{15}N berbeda (N0; N1; N2; N3) ditambah satu perlakuan kontrol (K; tanpa residu JP) selanjutnya dipergunakan untuk dua macam percobaan yaitu; 1. Percobaan inkubasi tidak tercuci untuk mengetahui dinamika mineralisasi N dalam tanah dan 2. Percobaan pot pada tanaman jagung dilakukan di green house pada pot ukuran 10 Kg tanah untuk mengetahui besarnya serapan N tanaman jagung dan distribusi N. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan konsentrasi ^{15}N berbeda menghasilkan kualitas JP yang berbeda. JP mengandung N sebesar 1.05 - 2.04%, ^{15}N -excess 0.92 - 2.78%, lignin 4.24 - 23.54% dan polifenol 4.74 - 6.78%. Besarnya mineral nitrogen yang terlepas selama inkubasi 14 minggu 57.46% pada konsentrasi 10 mM (N3). Serapan N tanaman jagung 28,15% dari nilai tersebut 35.42% berasal dari JP yang diberikan dan 64.58% berasal dari N tanah.

Kata kunci : jerami padi, ^{15}N , serapan N, konsentrasi ^{15}N

Pendahuluan

Masukan pupuk N melalui residu tanaman atau pupuk anorganik ke dalam ekosistem tanah akan mengalami beberapa kemungkinan; diserap tanaman, hilang dari sistem tanah-tanaman, diikat tanah atau diubah oleh mikroorganisme menjadi bentuk yang stabil. Berdasarkan hal tersebut maka efisiensi pupuk N menjadi masalah yang sangat penting.

Sampai saat ini perhatian terhadap mineralisasi N jangka panjang dan distribusi N hasil dari mineralisasi residu tanaman (bahan organik) yang diberikan ke dalam tanah masih sangat sedikit dan

belum dapat menjawab keberadaan unsur N selanjutnya apakah diserap tanaman, di dalam tanah atau hilang karena tercuci dan menguap. Hal tersebut diduga karena metode yang digunakan masih belum akurat. Pelacakan dengan memanfaatkan unsur penurut ^{15}N sangat diperlukan dalam mempelajari proses transformasi N di dalam tanah dan tanaman secara kuantitatif. Sebagai unsur penurut ^{15}N digunakan untuk menentukan keberadaan dan distribusi N secara relatif dengan penambahan ^{15}N . Sehingga penggunaan ^{15}N sangat informatif dan merupakan cara yang sangat bermanfaat untuk melacak dinamika nitrogen di

dalam tanah dan penyerapannya oleh tanaman.

Metode Penelitian

Percobaan dilakukan di *green house* dan laboratorium terpadu Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang dengan ketinggian 450 dpl dan suhu rata-rata harian 21°C sampai 33°C kelembaban 45 sampai 82% serta intensitas sinar matahari 365 sampai 1997 lux. Percobaan dilakukan 3 tahap.

Tahap1. Penanaman Tanaman Padi Berlabel ¹⁵N,

Tanaman padi ditumbuhkan pada pot ukuran 5 Kg yang berisi pasir kuarsa steril dengan cara mencuci pasir sampai bersih dengan larutan HCL 3%. Empat macam konsentrasi ¹⁵N yaitu : 0 mM (N0); 0,625 mM (N1); 2,5 mM (N2) dan 10 mM (N3) diberikan dalam bentuk urea, CO(¹⁵NH₂)₂ dengan kandungan 10% atom *excess*. Pemberian urea dalam bentuk larutan dengan rata-rata 50-400 ml setiap pot per hari dan selanjutnya sesuai kebutuhan. Selain itu juga diberi unsur hara yang lain seperti Ca, K, P, Mg, Cl, Fe, Mn, Zn, B, Mo dan Co yang diberikan juga dalam bentuk larutan yang telah disiapkan dengan metode Hammer *et al.* (1978). Rancangan percobaan disusun dengan Rancangan Acak lengkap sederhana. Tanaman padi ditumbuhkan selama kurang lebih 8 minggu dan selanjutnya dipangkas, pangkasan kemudian dikeringkan pada suhu 60° selama 48 jam, selanjutnya dianalisis parameter kualitasnya meliputi : %¹⁵N atom *excess*, kandungan N, lignin, polifenol, C/N rasio, kandungan bahan organik (%), biomas total basah dan kering. Kandungan polifenol diukur menggunakan metode Folin-Denis (Anderson dan Ingram, 1993). Lignin dengan metode acid-detergent lignin (Goering dan Van Soest, 1970). Kandungan C dengan metode Walkley dan Black, kandungan N dengan metode Kjeldahl

(Keeney dan Nelson, 1982). ¹⁵N atom *excess* ditentukan dengan Micromass 622 (UK) *mass spectrometer* di Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Jakarta, Indonesia.

Tahap 2: Percobaan Inkubasi Tidak Tercuci

Jerami padi dengan 4 macam konsentrasi ¹⁵N hasil tahap 1 yang telah di oven dan dihaluskan masing-masing ditimbang sebanyak 50 mg dan dikompositkan secara merata dengan 10 gram tanah kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik ukuran 50 ml dan diberi air bebas ion setara 70% kapasitas lapang selain itu perlakuan kontrol (tanpa residu hanya tanah saja). Tanah yang digunakan termasuk Inceptisol (Soil Survey Staff, 2010) yang diambil kota Malang Utara dengan karakteristik: pH (H₂O) 6,20, pH (KCl) 5,40, 1,91% C-organik, C/N 10 ; total N 0,20%, P 22,16 mg kg⁻¹ (Bray II), KTK 28,95 me100g⁻¹, Na⁺ 0,28, 0,5 K⁺ dan 1,53 Mg²⁺ pada ammonium acetate (pH 7), mineral N 0,053 mg.Kg⁻¹, *mikrobia biomass* N 0.0035522 mg kg⁻¹ dan 31% pasir, 49 % debu dan 20% liat. Untuk menjaga kelembaban setiap hari dipertahankan pada kondisi tersebut dengan cara memberi air dan untuk mencegah terjadinya evaporasi maka botol ditutup dengan kertas aluminium. Rancangan percobaan yang dipakai dalam percobaan tahap ini adalah Rancangan acak Lengkap dengan kontrol. Dinamika mineral N diamati setiap 1, 2, 4, 8 dan 14 minggu. Sampel dalam botol dianalisis mineral N dengan jalan diekstraksi dengan 50 ml 2M KCl dengan kemudian dikocok selama 1 jam selanjutnya disaring dan siap dianalisis mineral N dengan metode destilasi Kjeldahl.

Tahap 3. Percobaan Pot dengan Aplikasi Residu Jerami Padi Berlabel ^{15}N pada Tanaman Jagung

Percobaan ini bertujuan mengetahui distribusi N dengan mengukur besarnya serapan ^{15}N dan N oleh tanaman jagung apakah berasal dari N residu jerami padi berlabel ^{15}N atau N asal tanah selanjutnya dapat dihitung kandungan N yang masih tersisa dalam tanah atau hilang menguap dan pada akhirnya akan diketahui distribusi N. Perlakuan yang diberikan sama dengan pada percobaan inkubasi tidak tercuri namun diberikan sebagai pupuk organik pada pot berisi 10 kg tanah dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Besarnya dosis residu setara dengan 20 ton ha^{-1} yang dikonversi dalam satuan g pot^{-1} tanah. Tanah dalam pot diberi pupuk dasar 28 mg kg^{-1} P (SP36), 25 mg kg^{-1} K (K_2SO_4) dan 2,5 mg kg^{-1} Zn (ZnSO_4). Pot ditanami 5 biji jagung dan setelah 1 minggu ditinggalkan 1 tanaman yang pertumbuhannya paling bagus, kemudian ditempatkan pada glasshouse dengan penempatan sesuai Rancangan Acak kelompok. Pada akhir percobaan 8 minggu tajuk dan akar tanaman dipisahkan dan ditimbang berat keringnya selanjutnya dianalisis serapan N.

Analisa statistik

Analisis ragam dipakai untuk melihat ada tidaknya pengaruh perlakuan konsentrasi ^{15}N pada percobaan selanjutnya dilaku-

kan uji lanjut BNJ $P>0.05$ apabila terdapat pengaruh nyata. Semua analisis dilakukan dengan menggunakan program Minitab versi 15.

Hasil dan Pembahasan

Kualitas Residu Jerami Padi Berlabel ^{15}N

Perbedaan konsentrasi ^{15}N yang diberikan selama pertumbuhan tanaman padi menghasilkan kualitas residu jerami padi yang berbeda (Tabel 1). Kandungan %N total dan ^{15}N atom *excess* meningkat, kandungan lignin, polifenol, C/N rasio dan bahan organik menurun dengan makin meningkatnya konsentrasi ^{15}N yang diberikan. Perlakuan konsentrasi ^{15}N pada tanaman padi dapat merubah kualitas residu jerami padi ke arah yang lebih baik. Kandungan polifenol dan lignin yang tinggi dapat menghambat proses mineralisasi N yang selanjutnya mempengaruhi serapan N tanaman. Kandungan polifenol yang tinggi (N0) sebesar 6.78% sedikit demi sedikit menurun dengan makin bertambahnya konsentrasi ^{15}N . Konsentrasi ^{15}N sebesar 0.625 mM (N1) dapat menurunkan kandungan polifenol sebesar 12% dan berturut-turut sebesar 21% dan 30 % pada konsentrasi 2.5 mM (N2) dan 10 mM (N3). Kandungan lignin dapat diturunkan berturut-turut sebesar 20%, 77%, 82% pada konsentrasi ^{15}N 0.625 mM (N1), 2.5 mM (N2) dan 10 mM (N3).

Tabel 1. Karakteristik Residu Jerami Padi Berlabel ^{15}N

Konsentrasi ^{15}N Residu jerami padi	C/N	N (%)	Bahan organik (%)	Lignin (%)	Polifenol (%)	^{15}N - atom <i>excess</i> (%)	Polifenol : N ratio	Lignin:N ratio
	a	b	c	d	e	f	g	h
N0	37.00b	1.05a	67.21b	23.54b	6.78c	0.60a	6.46c	22.42c
N1	21.00a	1.70b	61.34a	18.76b	5.98b	0.92b	3.52b	11.04b
N2	18.00a	1.94b	60.68a	5.34a	5.34a	2.01c	2.75a	2.75a
N3	16.00a	2.04b	54.63a	4.24a	4.74a	2.78d	2.32a	2.08a
BNJ 5%	7,21	0,59	10,00	2,99	1,15	0,34	0,86	4,41

Huruf beda pada kolom yang sama signifikan pada uji BNJ , $P>0.05$

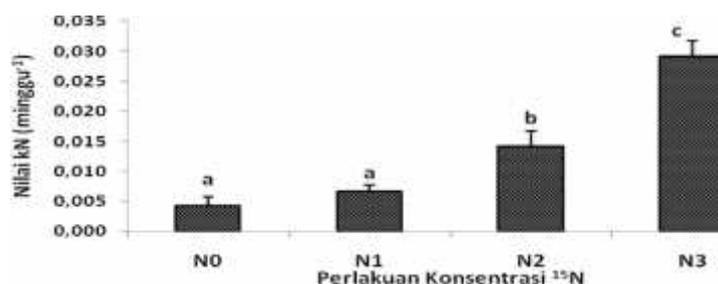
Penambahan residu tanaman ke dalam tanah memainkan peranan penting untuk menggantikan kehilangan unsur-unsur hara dari dalam tanah dan dapat memperbaiki sifat biologi dan kimia tanah (Goyal *et al.*, 1999). Mineralisasi, dekomposisi dan nitrifikasi merupakan proses-proses yang sangat penting dalam tanah dan dikontrol oleh kelembaban, temperatur dan kualitas bahan organik tersebut (Sierra, 1997; Silver dan Miya, 2001; Nunez *et al.*, 2001).

Hasil analisis kualitas residu jerami padi bervariasi setelah perlakuan konsentrasi ^{15}N dimana kandungan N dan ^{15}N atom *excess* meningkat. Sebaliknya pada kandungan C organik, lignin, polifenol, rasio C:N, rasio lignin:N dan rasio polifenol: N terjadi penurunan. Adanya perbedaan kualitas disebabkan adanya keragaman dalam spesies tanaman yang sama diantara organ-organ dalam tanaman hal tersebut terjadi karena kondisi pertumbuhannya, morfologi jaringan tanaman dapat memainkan peranan penting (Anoussamy *et al.*, 2000). Parameter C/N merupakan parameter yang paling banyak digunakan untuk mengontrol proses mineralisasi dan immobilisasi N (Trinsoutrot *et al.*, 2000), disamping itu faktor-faktor yang lain seperti kandungan N (Cogle *et al.*, 1989), polifenol (Oglesby dan Fownes, 1992; Chaves *et al.*, 2005), dan lignin (Hofman *et al.*, 2009). Peningkatan suplai ^{15}N meningkatkan kandungan N tetapi mengurangi kandungan polifenol dan lignin. Studi yang dilakukan sebelumnya didapatkan

bahwa tanaman memproduksi polifenol dan lignin paling tinggi pada daunnya pada saat kandungan N rendah (Gershenzon, 1993). Pemupukan N yang dilakukan pada suatu species tanaman dapat menurunkan produksi polifenol (Bryant *et al.*, 1987). Magna (1977) mengatakan apabila kandungan nutrisi dalam tanah kekurangan akan menyebabkan peningkatan aktifitas enzim phenylalanine ammonialyase yang merupakan enzim untuk sintesis polifenol. Pada saat kekurangan N, phenylalanine memanfaatkan N untuk berubah menjadi bentuk senyawa fenol yang lebih kompleks (Gershenzon, 1993). Ditambah lagi sintesis protein yang lambat pada kondisi N yang terbatas sehingga karbohidrat tidak dapat dipakai untuk sintesis fenol.

Dinamika Mineralisasi N Residu Jerami Padi Berlabel ^{15}N

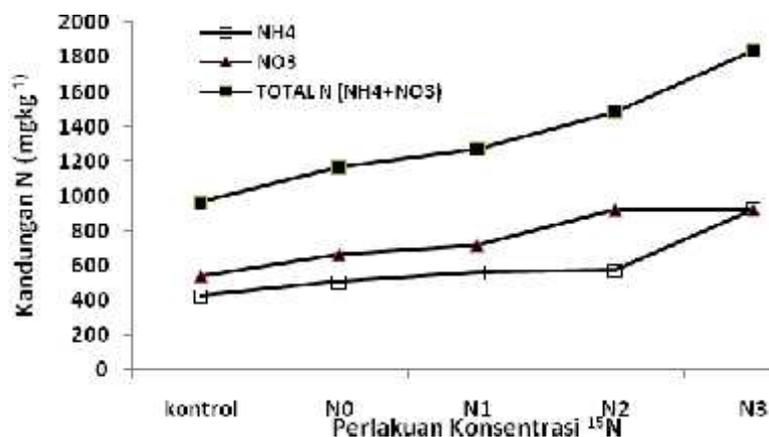
Pemberian ^{15}N dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh terhadap kecepatan mineralisasi residu jerami padi sehingga jumlah N yang dilepaskan dalam tanah juga berbeda. Perlakuan konsentrasi ^{15}N mempercepat mineralisasi N terlihat dari nilai konstanta kecepatan mineralisasi N pada perlakuan konsentrasi ^{15}N dibanding tanpa penambahan konsentrasi ^{15}N (Gambar 1). Makin tinggi konsentrasi ^{15}N residu jerami padi makin meningkat cepat proses mineralisasi terjadi sehingga makin banyak N yang dilepaskan ke dalam tanah.



Gambar 1. Nilai Konstanta Kecepatan Mineralisasi N (kN)

Konsentrasi tertinggi (N3) menunjukkan jumlah mineral N tertinggi yang dilepaskan yaitu sebesar 57.46% selanjutnya berturut-turut konsentrasi $^{15}\text{N}_2$, $^{15}\text{N}_1$ dan $^{15}\text{N}_0$ sebesar 48.29%, 44.17% dan 37.97%. Penambahan sebesar ini menunjukkan betapa pentingnya masukan bahan organik ke dalam tanah untuk menambah jumlah mineral N dalam tanah. Pelepasan N dalam bentuk NH_4^+ lebih banyak dibanding dalam bentuk NO_3^- pada semua perlakuan konsentrasi ^{15}N selama inkubasi 14 minggu (Gambar 2)

Beberapa peneliti Frankenberger dan Abdelmagid (1985) mengatakan bahwa mineralisasi N dari residu tanaman dikontrol oleh kandungan N dan C/N rasio residu. Nilai kritis kandungan N sebesar 1,75% dan untuk C/N rasio nilai kritis 20 agar mineralisasi suatu bahan organik dapat berjalan. Apabila nilai C/N rasio diatas 25 maka akan berpotensi meningkatkan immobilisasi N dalam tanah (Nair, 1993; Hadas *et al.*, 2004; Sainju *et al.*, 2005; Muhammad W, 2011).



Gambar 2. Kandungan NH_4^+ , kandungan NO_3^- dan Kandungan Mineral N yang Dilepaskan Residu Jerami Padi Berlabel ^{15}N Selama Inkubasi 14 Minggu.

Jansen dan Kucey (1988) mengukur mineralisasi N daun kacang-kacangan dengan perlakuan nutrisi yang berbeda dan menemukan bahwa kecepatan dekomposisi dan mineralisasi N bervariasi diantara perlakuan. Tian *et al.* (1992) mengatakan bahwa kecepatan pelepasan N dari pangkasan tanaman legume yang bervariasi berpengaruh signifikan dengan kandungan N, lignin dan polifenol pangkasan, dimana pelepasan N meningkat dengan meningkatnya kandungan N dan menurun dengan menurunnya kandungan polifenol dan lignin.

Serapan N Tanaman Jagung dan Distribusi N dalam Tanah

Perlakuan konsentrasi ^{15}N pada residu jerami padi terhadap serapan N total, serapan N tajuk, serapan N akar berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) dibanding kontrol (Tabel 2). Rata-rata peningkatan serapan N total 68%, serapan N tajuk 78%, serapan N akar 45% dibanding kontrol. Perlakuan konsentrasi ^{15}N serapan N total makin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ^{15}N .

Tabel 2. Serapan N Tanaman Jagung (mg kg^{-1}) dan Asal N yang Diserap dari Residu Jerami Padi atau Tanah

Perlakuan Konsentrasi ^{15}N	Serapan N tanaman jagung (mg kg^{-1})								
	Serapan akar (mg kg^{-1})			Serapan tajuk (mg kg^{-1})			Serapan total (akar +tajuk) (mg kg^{-1})		
	^{15}N dari residu	N dari tanah	Total	^{15}N dari residu	N dari tanah	Total	^{15}N dari residu	N dari tanah	Total
Kontrol	6.55	15.85	22.41	39.69	95.36	135.05	46.24	111.21	157.45
N0	7.05a	15.87a	22.93a	45.33a	103.06a	148.39a	52.39a	118.93a	171.32a
N1	4.85a	*33.19b	*38.04a	27.18a	*179.33b	*206.52b	32.03a	*212.52b	*244.55b
N2	10.51b	*27.71b	*38.22b	*79.07b	*197.55b	*276.62c	*89.58b	*225.26b	*314.84c
N3	18.53c	11.99a	*30.52b	*181.55c	113.41a	*294.96c	*200.08c	125.40a	*325.48c
BNJ 5%	4,47	13,49	12,90	26,09	57,23	48,19	27,01	65,19	51,19

*Berbeda nyata ($P < 0.05$) dibanding kontrol dengan uji Dunnet pada $P < 0.05$)

Notasi yang berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata dengan uji BNJ ($P < 0.05$)

Apabila dilihat dari mana asal N yang diserap tanaman maka berasal dari residu tanaman yang kita berikan dan berasal dari tanah itu sendiri. Serapan ^{15}N total berasal dari residu tanaman makin meningkat dengan makin meningkatnya konsentrasi ^{15}N dalam residu tanaman (Tabel 2).

Serapan N total tanaman jagung (N3) 28,15% dan dari nilai tersebut 64,58% berasal dari N tanah dan sisanya 35,42% berasal dari residu jerami padi yang diberikan, namun pada konsentrasi N0, N1 dan N2 terjadi sebaliknya

dimana N yang diserap tanaman jagung lebih banyak berasal dari residu jerami padi dibanding yang berasal dari N tanah. Serapan ^{15}N tajuk berasal dari residu tanaman makin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ^{15}N dalam residu tanaman (Tabel 2).

Distribusi N dapat dihitung dengan membandingkan dengan N awal pada tanah selanjutnya berapa yang diserap tanaman dan yang masih tersisa dalam tanah sebagaimana pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Distribusi N yang Terjadi dalam Tanah dan Tanaman

Perlakuan Konsentrasi ^{15}N	% N tanah awal + %N residu jerami padi	% Serapan N tanaman jagung			% N dalam biomas mikroba tanah	% Total sisa N dalam tanah atau menguap
		% tajuk	% akar	% total		
N0	100	6.49	4.31	10.80	38.45	50.75
N1	100	9.58	6.85	16.43	35.69	47.87
N2	100	13.55	7.34	20.88	35.34	43.78
N3	100	17.33	10.82	28.15	35.19	36.66

Peningkatan konsentrasi ^{15}N dalam residu jerami padi dapat meningkatkan serapan N total pada tanaman jagung, Residu padi banyak mengandung N dalam bentuk asam fulvic dengan adanya tambahan konsentrasi N maka akan menjadi senyawa humik yang lebih mudah terdekomposisi selain itu residu padi mengandung lebih banyak polifenol yang dapat menghambat aktifitas mikroba. Residu tanaman (bahan organik) sendiri terdiri dari dua bagian yaitu yang mudah didekomposisi dan sulit didekomposisi. Pada minggu minggu awal dekomposisi relatif lambat karena residu jerami padi termasuk bahan organik kualitas rendah dan minggu selanjutnya lebih

Serapan N oleh tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh kualitas residu tanaman. Kualitas residu sangat menentukan tingkat dekomposisi dan mineralisasi dari residu tersebut (Myrold

1998; Van Kessel dan Reeves 2002; Stadler *et. al.* 2006). Serapan N total jagung meningkat dengan makin meningkatnya kualitas residu tanaman. Mugendi *et al.* (1999) dari hasil penelitiannya menemukan bahwa kandungan N jaringan tanaman meningkat dengan meningkatnya pemberian pupuk N. Kandungan N yang tinggi pada residu dapat meningkatkan aktifitas mikroba sehingga mineralisasi dan jumlah N yang terlepas meningkat akhirnya serapan N oleh tanaman jagung meningkat pula. Tanaman jagung menyerap N dengan cepat selama pertumbuhan vegetative pertengahan dengan serapan tertinggi pada daun sutera (Kelley dan Sweeney, 2005).

Serapan N total tertinggi sebesar 325.48 mg kg⁻¹, dengan kata lain peningkatan serapan N residu padi 68% dibanding tanpa masukan residu tanaman. Mafongoya *et al.* (1997)

menemukan adanya akumulasi N tersedia dalam tanah sebelum periode vegetasi maksimum. Serapan N jagung menentukan sinkronisasi hara (ketersediaan N dengan kebutuhan N tanaman). Sinkronisasi sendiri tergantung banyak faktor khususnya iklim, kondisi tanah dan kualitas residu tanaman. Kualitas residu tinggi akan melepaskan 50% lebih N yang dikandung selama 2-3 minggu setelah diaplikasikan ke dalam tanah dan melepaskan N pada awal-awal pemberian dalam jumlah banyak melebihi kebutuhan tanaman sehingga terjadi asinkronisasi. Azam *et al.* (1993) menemukan hanya 5% N yang diserap tanaman jagung berasal dari residu tanaman *Sesbania aculeata* berlabel ¹⁵N sebagian besar berada dalam tanah (89%) dan sisanya (6%) hilang, keberadaannya *Sesbania aculeata* ternyata dapat mengurangi serapan pupuk ammonium sulfat sebesar 14% dan sebagian besar serapan N berada pada tajuk (70%) dari semua perlakuan yang diberikan dibandeng pada akar. Pada penelitian ini rata-rata serapan N berada pada tajuk 50.60% sedang pada akar 6.41%.

Kesimpulan

Kualitas residu tanaman merupakan factor pengontrol kecepatan mineralisasi N, selanjutnya kecepatan mineralisasi N menentukan besarnya N yang terlepas ke dalam tanah dan pada akhirnya menentukan besarnya distribusi N dalam tanah. Besarnya serapan N tanaman jagung 10.80% sampai 28,15%, makin tinggi serapan N yang diserap tanaman makin sedikit N yang tersisa di dalam tanah atau yang menguap yang artinya makin efisien tanaman menggunakan N yang ada. Besarnya N yang tersisa atau hilang meningkat dengan makin menurunnya kandungan N dari residu tanaman dalam penelitian ini besarnya 36,66% sampai 50,75%.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada : DP2M Dikti yang telah membiayai penelitian melalui skim Fundamental Research dengan judul” Pelacakan Distribusi Nitrogen Dari Residu Tanaman Dengan Teknik ¹⁵N *Isotop Dilution* “.

Daftar Pustaka

- Anderson, J. M. and Ingram, J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: Handbook of Methods. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Anoussamy, M., Chabbert, B. and Recous S. 2000. Changes in mechanical strength and biochemical composition of wheat straw during decomposition. In: Spatz HC, Speck T (Eds) Proceedings of th3rd plant biomechanics conference, Freiburg, Badenweile August 27–September 2, 2000. Georg Thieme Verlag, Stuttgart pp. 169–176.
- Bryant, J.P., Clausen, T.P., Reichardt, P.B., McCarhky, M.C. and Werner, R.A .1987. Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides michx.*) leaves for the large aspen totrix (*Choristoneura conflictana* (Walker)). *Oecologia* 73, 513-517.
- Chaves, B., Neve, SD., Boeckx, P., Cleemput, OV., Hofman, G. 2005. Screening organic biological wastes for their potensial to manipulate the N release from N-rich vegetable crop residues in soil. *Agriculture Ecosystem Environment* 11, 81-92.
- Cogle, AL., Saffigna, PG., Strong, WM. 1989. Carbon transformation

- during wheat straw decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* 21, 367-372.
- Frankenberger, W.T. and H.M. Abdelmagid. 1985. Kinetic parameter of nitrogen mineralization rates of leguminosae crops incorporated into soils. *Plant and Soil* 87, 257-271.
- Gershenzon, J. 1993. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. *Recent Advance in Phytochemistry* 18, 273-320.
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. 1970. Forage Fibre Analysis. *Agriculture Handbook No.379*. Agriculture Research Service, USDA, Washington DC, 20 p.
- Goyal, S., Chander, K., Mundra, M.C. and Kapoor, K.K. 1999. Influence of inorganic fertilizers and organic amendement on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. *Biology and Fertility of Soils* 29, 196-200.
- Hadas, A., Kautsky L., Goek M., and Kara EE. 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 Biochemistry* 36, 255-266.
- Hammer, P.A., Tibbits, T.W., Laughens, R.W. and McFarlane, J.C. 1978. Base-Line growth studies of "Grand Rapids lettuce" in controlled environments. *Journal of American Society for Horticultural Science* 103, 649-655.
- Hofmann, A., Heim, A., Christensen, BT., Miltner, A., Gehre, M. and Schmidt, MWI. 2009. Lignin dynamic in two ¹³C labeled arable soils during 18 years. *European Journal of Journal of Soil Science* 60, 250-257.
- Jansen , H.H. and R.M.N. Kucey 1988. C,N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime.
- Keeney, D.R. & Nelson, D.W. 1982. Nitrogen-Inorganic forms. In A.L. Page, R.H. Miller & D. R. Keeney (Eds), *Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and Microbiological Properties* (pp. 643-698). American Society of Agronomy Inc.and Soil Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Kelley, K.W. and D.W.Sweeney. 2005. Tillage and urea ammonium nitrate fertilizer rate and placement affects winter wheat following grain shorgum and soybean. *Agronomy* 97, 690-697.
- Mafongoya, PL, Nair, PKR. and Dzwela, BH. 1997. Multipurpose tree prunings as a source of nitrogen to maize under semiarid conditions in Zimbabwe. 2. Nitrogen-recovery rates and crop growth as influenced by mixtures and prunings. *Agroforestry System* 35, 47-56.
- Magna, V. 1977. Control at the level of substrate supply an alternative in the regulation of phenylpropanoid accumulation in plant cells. *Phytochemistry* 16, 419-426.
- Mugendi, DN., PKR. Nair., J.N. Mugwe., M.K.O. Neill., M.J. Swit and P.L. Woomers. 1999. Alley cropping of maize with calliandra and leucaena in the subhumid highlands of Kenya Part 2. Biomass decomposition, N mineralization, and N uptake by

- maize. *Agroforestry Systems* 46, 51–64.
- Muhammad, W., Vaughan., Sarah, M., Ram, C., Dalal, Neal, W. and Menzies. 2011. Crop residues and fertilizer nitrogen influence residue decomposition and nitrous oxide emission from a Vertisol. *Biology and Fertility Soils* 47, 15-23.
- Myrold, D. 1998. Transformation of Nitrogen. In D.M. Sylvia, J.J. Fuhrman, P.G. Hartel, & D.A. Zuberer (Eds) *Principles and Applications of Microbiology* pp. 259-321. Prentice Hall, New Jersey.
- Nunez, S., Martinez-Yrizar, A., Burquez, A. and Garcia-Olivia F. 2001. Carbon mineralization in Southern Sonoran Desert. *Acta Oecol-Int. Ecology* 22, 269-276.
- Oglesby, KA. and Fownes, JH. 1992. Effects of chemical composition on N mineralization from green manures of seven tropical species. *Plant and Soil* 143,127–132.
- Sainju, U.M., W.F. Whitehead and B.P. Singh. 2005. Carbon accumulation in cotton, sorghum, and underlying soil as influenced by tillage, cover crops, and nitrogen fertilization. *Plant and Soil* 273, 219–234. DOI 10.1007/s11104-004-7611-9.
- Sierra, J. 1997. Temperature and Soil moisture dependence of N mineralization in intact soil cores. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 1557-1563.
- Silver WL, Miya RK. 2001. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. *Oecologia* 129, 407–419.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil taxonomy* NRCS Soil. Eighth edition. U. S. Gov. Print.
- Stadler, C., Von Tucher, S., Schmidhalter, U., Gutser, R. and Heuwinkle, H. 2006. Nitrogen release from plant-derived and Industrially processed organic fertilizers used in organic horticulture. *Journal Plant Nutrient and Journal of Soil Science* 169, 549-556.
- Tian, G., Kang, B.T. and Brussaard, L. 1992. Effects of chemical composition of N, Ca and Mg release during incubation of leaves from selected agroforestry and fallow species. *Biogeochemistry* 16, 103-119.
- Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D. and Nicolardot, B. 2000. Biochemical quality of crop residues and C and N mineralization under limiting N condition. *Journal of Soil Science Society of America Journal* 64, 918-926.
- Van Kessel, Js. and Reeves, J.B. III. 2002. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and Its relationship to composition. *Biology and Fertility Soil*, 36, 118-123 <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-002-0516-y>.