

Efisiensi Pemupukan N Tanaman Jagung Manis akibat Beberapa Dosis dan Waktu Aplikasi Urea Menggunakan Teknik Isotop ^{15}N

Fertilizer Nitrogen Use Efficiency on Sweet Corn Affected by Several Doses and Timing of Urea Application Using ^{15}N Isotope Technique

Anggi Nico Flatian^{1*}, Adinda Febrianda Rachmadhani², Edy Suryadi²

¹ Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Cilandak, Jakarta 12440, DKI Jakarta, Indonesia

² Program Studi Teknik Pertanian, FTIP, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Bandung 43560, Jawa Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 18 September 2019

Disetujui: 13 Juli 2020

Dipublikasi online: 3 Agustus 2020

Kata Kunci:

Efisiensi pemupukan N Isotop ^{15}N
Jagung manis
Serapan N
Pupuk urea

Keywords:

N fertilizer use efficiency
Isotope ^{15}N
Sweet corn
N uptake
Urea fertilizer

Direview oleh:

Wiwik Hartatik, Antonius Kasno, M. Hikmat

Abstrak. Pemberian pupuk N dapat secara efektif meningkatkan hasil tanaman. Namun cara pemupukan N yang tidak tepat, dapat menyebabkan tidak efisiennya pemupukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis dan waktu aplikasi urea terhadap hasil, serapan dan efisiensi pemupukan N (^{15}N) pada tanaman jagung manis. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai November 2018 di rumah kaca dan laboratorium. Percobaan pot menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial. Faktor pertama adalah dosis pupuk nitrogen yang terdiri dari tiga taraf perlakuan: (1) urea sebesar 60 ppm N, (2) urea sebesar 70 ppm N, dan (3) urea sebesar 80 ppm N. Faktor kedua adalah waktu aplikasi: (1) dua kali, (2) tiga kali, dan (3) empat kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar (50,7-54,4%) N yang diserap tanaman jagung berasal dari pupuk urea (%Nbdp), sisanya (49,3-47,6%) berasal dari tanah (%Nbdt). Pemupukan urea dosis 60 ppm N (ekivalen dengan 250 kg ha⁻¹) menyebabkan efisiensi pemupukan N tertinggi (82,7%). Nilai efisiensi pemupukan secara signifikan menurun seiring peningkatan dosis urea, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap bobot hasil. Dosis urea juga berpengaruh signifikan terhadap nilai %N tanaman berasal dari pupuk (%Nbdp) dan %N tanaman berasal dari tanah (%Nbdt). Sedangkan waktu pemupukan hanya berpengaruh terhadap %Nbdp dan %Nbdt. Efisiensi pemupukan N tanaman jagung pada penelitian ini adalah sebesar 55,6-82,7%. Hal ini berarti sebagian besar pupuk urea (^{15}N) yang diaplikasikan telah diserap oleh tanaman.

Abstract. Application of N fertilizers can effectively increase crop yields. However, improper fertilization management, can cause inefficient fertilization. This study was conducted to evaluate the effect of rates and split application of urea on yield, N uptake and fertilizer N (^{15}N) use efficiency (FNUE) of sweet corn plants. The study was conducted from March to November 2018 at the greenhouse and laboratory. The pot experiment was designed using Factorial Randomize Block Design. The first factor was urea fertilizer dose: (1) 60 ppm N, (2) 70 ppm N, and (3) 80 ppm N. The second factor was split of application: (1) two times, (2) three times, and (3) four times. The results showed that most (50.7-54.4%) of the N absorbed by corn plants came from urea fertilizer (%Ndff), and the rest (49.3-47.6%) came from soil (%Ndfs). The rate of 60 ppm N (equivalent to 250 kg ha⁻¹ urea) caused the highest (82.7%) FNUE. The FNUE value significantly decreased with increasing dose of urea, but did not significantly affect the dry weight yield. The rate of urea also has a significant effect on the value of %N derived from fertilizer (%Ndff) and %N derived from soil (%Ndfs). Meanwhile, splitting fertilization time only significantly affected %Ndff and %Ndfs. In general, fertilizer N use efficiency in this study was between 55.6% with 82.7%. This means that most of the urea (^{15}N) fertilizer applied has been absorbed by plants.

Pendahuluan

Tanaman jagung manis merupakan salah satu komoditas potensial yang digemari dan banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Setiap tahunnya kebutuhan jagung manis secara nasional terus meningkat. Capaian produksi jagung manis untuk tahun 2015 adalah sebesar 19,83 juta ton atau sudah mencapai 97% dari yang

ditargetkan (Laksono *et al.* 2018). Capaian tersebut masih dapat terus ditingkatkan, salah satu caranya adalah melalui intensifikasi pertanian (varietas unggul, pemupukan, dan lain-lain).

Salah satu faktor pembatas utama produksi tanaman jagung manis adalah masalah ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen (N) yang merupakan hara paling penting bagi tanaman. Seperti telah diketahui, tanah-tanah

* Corresponding author: anggi.nico@batan.go.id

di daerah tropis biasanya memiliki kandungan N lebih rendah dibanding di daerah subtropis (Yanai *et al.* 2014). Tanaman yang kekurangan N akan mengalami hambatan dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Oleh karena itu, sampai saat ini pemupukan masih menjadi salah satu faktor penting dalam mencapai produktifitas tanaman yang optimal. Namun, di sisi lainnya, pemupukan N secara berlebih dapat menyebabkan kerugian secara ekonomi dan berpotensi merusak lingkungan seperti terjadinya pencemaran perairan, emisi gas rumah kaca, penipisan lapisan ozon dan hilangnya biodiversitas (Hashim *et al.* 2015; Rütting *et al.* 2018).

Pupuk urea merupakan pupuk N yang paling umum digunakan di Indonesia. Pupuk urea bersifat cepat larut sehingga mudah tersedia sekaligus mudah hilang terlepas ke lingkungan. Hal tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan N umumnya rendah, rata-rata hanya sekitar 30-50% pupuk N diserap oleh tanaman (Masclaux-Daubresse *et al.* 2010). Bahkan pada tanaman sereal nilai efisiensinya jauh lebih rendah karena biasanya petani menggunakan pupuk dalam jumlah berlebih dan menggunakan cara budidaya yang kurang tepat (Lü *et al.* 2012). Menurut hasil wawancara, di daerah Kediri Jawa Timur, petani biasanya menggunakan pupuk urea untuk tanaman jagung sampai 750 kg ha⁻¹, jauh melampaui dosis rekomendasi (Akil 2009). Pupuk urea yang tidak terserap tanaman akan terimobilisasi dalam bahan organik tanah dan atau terlepas ke lingkungan melalui proses pencucian, denitrifikasi dan volatilisasi (Dourado-Neto *et al.* 2010).

Tantangan pertanian modern saat ini, termasuk di Indonesia adalah bagaimana meningkatkan efisiensi pemupukan sekaligus dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan produktifitas tanaman. Efisiensi pemupukan N dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah jenis tanaman yang digunakan, lingkungan (iklim, jenis tanah, dan lain-lain) serta cara pengelolaan budidaya yang dilakukan, termasuk pemupukan (Benincasa *et al.* 2011). Nilai efisiensi pemupukan N yang rendah dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti tidak sesuai jumlah N tersedia dengan jumlah N yang dibutuhkan tanaman, hilangnya N menjadi emisi gas rumah kaca atau hilangnya N melalui pencucian dan *run off* serta berlebihnya input N dalam tanah (Dourado-Neto *et al.* 2010). Oleh karena itu, perlu cara untuk menyelaraskan antara suplai dan kebutuhan N tanaman agar jumlah kehilangan pupuk dapat dikurangi. Salah satu alternatifnya adalah dengan cara pengelolaan pemupukan yang tepat, seperti penggunaan dosis dan waktu aplikasi yang tepat. Saragih *et al.* (2013) menyatakan bahwa pemupukan dosis 100 kg urea ha⁻¹ dengan aplikasi dua kali sudah

meningkatkan hasil tanaman jagung. Sedangkan penelitian lain melaporkan bahwa pemupukan yang dibagi ke dalam beberapa tahap meningkatkan efisiensi pemupukan sekaligus berpotensi mengurangi kehilangan N (De Oliveira *et al.* 2018).

Teknik perunutan menggunakan isotop ¹⁵N telah banyak dilakukan untuk mempelajari perilaku N dalam sistem tanah dan tanaman. Teknik ini secara langsung dapat menentukan jumlah N berasal dari pupuk pada bagian-bagian tanaman, sehingga dapat dihitung berapa nilai efisiensi pemupukannya (Rimski-Korsakov *et al.* 2012). Informasi tersebut sangat berguna untuk menentukan pengelolaan pemupukan yang paling tepat. Beberapa penelitian menggunakan teknik isotop ¹⁵N melaporkan bahwa efisiensi pemupukan N pada tanaman jagung hanya berkisar antara 30-50% (De Oliveira *et al.* 2018). Penelitian lain melaporkan bahwa hanya sekitar 37,4% urea berlabel ¹⁵N diserap oleh tanaman jagung (Nissen dan Wander 2003).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis dan waktu aplikasi urea terhadap hasil, serapan pupuk N dan efisiensi pemupukan N pada tanaman jagung manis. Informasi ini diharapkan dapat menjadi salah satu masukan dalam pengelolaan pemupukan N yang tepat.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret s.d. November 2018 di rumah kaca dan laboratorium Kelompok Pemupukan dan Nutrisi Tanaman, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Lebak Bulus Jakarta. Titik koordinat lokasi percobaan rumah kaca adalah 6°17'43,67" lintang selatan (LS), 106°46'26,37" bujur timur (BT).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: tanah Latosol Pasar Jumat, benih jagung manis varietas Talenta, pupuk SP-36, pupuk KCl, pupuk urea bertanda ¹⁵N (5% atom excess ¹⁵N), pot volume 20 liter, pembungkus kertas untuk sample tanaman dan bahan-bahan kimia untuk analisis kandungan N tanaman metode Kjeldhal.

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah: oven, neraca analitik (Shimadzu BX22KH), alat destruksi dan alat destilasi untuk analisis kandungan N tanah, *continuous-flow isotope ratio mass spectrometer* (IRMS, Termo Fisher Scientific) yang terdiri dari *elemental analyzer* (EA Isolink CNSOH) dan IRMS (DeltaPLUS) yang dihubungkan melalui *ConFlow IV universal interface*.

Percobaan pot dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial (RAKF). Terdapat dua faktor perlakuan yang diuji pada penelitian ini, yaitu dosis pupuk urea dan waktu aplikasi. Total ada sembilan kombinasi perlakuan yang diuji pada penelitian ini. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga seluruhnya ada 27 satuan percobaan.

Faktor pertama adalah dosis pupuk nitrogen yang terdiri dari tiga tahap perlakuan, yaitu:

1. Dosis urea sebesar 60 ppm N atau 1,8 g urea pot⁻¹, ekuivalen dengan dosis 250 kg urea ha⁻¹ (berdasarkan perhitungan berat tanah dengan asumsi berat tanah di kedalaman perakaran adalah sebesar 2000 ton ha⁻¹).
2. Dosis urea sebesar 70 ppm N atau 2,1 g urea pot⁻¹, ekuivalen dengan dosis 300 kg urea ha⁻¹.
3. Dosis urea sebesar 80 ppm N atau 2,4 g urea pot⁻¹, ekuivalen dengan dosis 350 kg urea ha⁻¹.

Faktor kedua adalah waktu aplikasi pupuk yang terdiri dari tiga taraf perlakuan, yaitu:

1. Pemupukan dibagi dalam dua tahap aplikasi, masing-masing sebesar 50% dosis pada 10 dan 29 hari setelah tanam (HST).
2. Pemupukan dibagi dalam tiga tahap aplikasi, masing-masing sebesar 33,33% dosis pada 10, 29 dan 45 HST.
3. Pemupukan dibagi dalam empat tahap aplikasi, masing-masing sebesar 25% pada 10, 29, 45 dan 60 HST.

Tanah Latosol yang digunakan pada penelitian ini diambil dari lingkungan kebun percobaan PAIR-BATAN Pasar Jum'at Jakarta Selatan. Titik koordinat lokasi pengambilan sampel tanah adalah 6°17'43,19" lintang selatan (LS), 106°46'30,87" bujur timur (BT). Pengambilan contoh tanah dilakukan secara manual menggunakan cangkul pada kedalaman lapisan olah (kedalaman sampai 20 cm). Tanah kemudian dibersihkan dari sisa-sisa akar, kerikil dan sampah plastik, dikeringudarkan dan kemudian diayak menggunakan saringan 2 mm. Jumlah tanah yang digunakan adalah sebanyak 13,5 kg berat kering mutlak (BKM) atau sebanyak 16,1 kg berat kering udara (BKU) per pot (kadar air tanah 19,29%).

Jagung manis varietas Talenta digunakan sebagai tanaman percobaan. Masing-masing pot ditanami 4 benih jagung dengan cara ditanamkan ke dalam masing-masing lubang pada kedalaman 5 cm dari permukaan tanah. Setelah muncul kecambah (5 HST), dilakukan penjarangan tanaman dengan hanya menyisakan satu tanaman yang seragam pada masing-masing pot.

Pemupukan P dalam bentuk SP-36 dan pemupukan K dalam bentuk KCl dilakukan pada saat tanaman berumur 10 HST. Dosis pupuk SP-36 dan KCl masing-masing

sebesar 1,5 g pot⁻¹ atau masing-masing sebesar 38 ppm P₂O₅ dan 64 ppm K₂O atau masing-masing ekuivalen dengan 200 kg SP-36 ha⁻¹ dan 200 kg KCl ha⁻¹. Pemupukan dilakukan dengan cara disebar merata pada permukaan tanah di sekitar tanaman.

Teknik isotop ¹⁵N metode langsung digunakan untuk merunut penyerapan pupuk urea oleh tanaman. Pada penelitian ini digunakan urea berlabel isotop ¹⁵N dengan kelimpahan sebesar 5% atom excess ¹⁵N. Waktu dan dosis pemupukan urea disesuaikan dengan perlakuan. Pemupukan dilakukan dengan cara disebar merata pada permukaan tanah di sekitar tanaman.

Tanaman jagung manis dipanen pada saat berumur 70 HST. Sampel tanaman dipisahkan antara bagian biji dan brangkasanya. Bagian tongkol, klobot, batang dan daun jagung disatukan sebagai sampel brangkasan. Sampel tanaman kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama lima hari. Setelah kering, sampel tanaman ditimbang untuk mendapatkan bobot keringnya, setelah itu sampel digiling dan kemudian dianalisis.

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah bobot kering tanaman (brangkasan dan biji), total serapan N, %N berasal dari pupuk (%Nbdp), %N berasal dari tanah (%Nbd), serapan N berasal dari pupuk dan efisiensi pemupukan N. Kandungan N tanaman (%N) dianalisis menggunakan metode *Kjehdahl* (Sulaeman dan Eviati 2012). Serapan N (mg tanaman⁻¹) dihitung berdasarkan hasil kali antara bobot kering tanaman dengan kandungan N tanaman. Kandungan %atom excess ¹⁵N dalam sampel tanaman diukur menggunakan *continuous-flow isotope ratio mass spectrometer*.

Perhitungan Data Isotop ¹⁵N

Persentase N tanaman berasal dari pupuk (%Nbdp), persentase N tanaman berasal dari tanah (%Nbd), penyerapan N berasal dari pupuk dan efisiensi pemupukan N dihitung dengan rumus sebagai berikut (Lü *et al.* 2012):

$$\%Nbdp = \left(\frac{\% \text{ atom excess } ^{15}\text{N sample tanaman (\%)}}{\% \text{ atom excess } ^{15}\text{N pupuk N berlabel (\%)}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$\%Nbd = \left(1 - \frac{\% \text{ atom excess } ^{15}\text{N sample tanaman (\%)}}{\% \text{ atom excess } ^{15}\text{N pupuk N berlabel (\%)}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Penyerapan N berasal dari pupuk (mg/tanaman)} = \%Nbdp \times \text{serapan N tanaman (mg/tanaman}^{-1}) \quad (3)$$

$$\text{Efisiensi pemupukan N (\%)} = \left(\frac{\text{Penyerapan N berasal dari pupuk (mg tanaman}^{-1})}{\text{Pupuk yang diberikan (mg tanaman}^{-1})} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Analisis Statistik

Analisis data dilakukan menggunakan metode sidik ragam dan apabila perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%. *Software* yang digunakan untuk uji statistik adalah Microsoft Excel dan SPSS 16.0.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Tanah Awal

Tabel 1. Beberapa sifat tanah Latosol yang berasal dari Pasar Jum'at

Table 1. Some of the characteristics of Pasar Jum'at Latosol soils

No.	Parameter	Hasil Analisis	Status dalam tanah
1.	Tekstur tanah		
	- Pasir (%)	3	Liat berdebu
	- Debu (%)	57	
	- Liat (%)	40	
2.	pH		
	- H ₂ O	5,3	Masam
	- KCl	4,7	
3.	Bahan Organik		
	- C-Organik (%)	1,1	Rendah
	- N-total (%)	0,16	Rendah
	- C/N	6,9	Rendah
4.	P ₂ O ₅		
	- HCl 25% (mg 100g ⁻¹)	61	Sangat tinggi
	- Olsen (ppm)	21	Sedang
5.	K ₂ O		
	- HCl 25% (mg 100g ⁻¹)	11	Sangat tinggi
	- Morgan (ppm)	103	Sangat tinggi
6.	Kation-kation		
	- Ca (Cmol _c kg ⁻¹)	6,91	Sedang
	- Mg (Cmol _c kg ⁻¹)	1,80	Sedang
	- K (Cmol _c kg ⁻¹)	0,2	Rendah
	- Na (Cmol _c kg ⁻¹)	0,08	Sangat Rendah
7.	Kapasitas tukar kation (Cmol _c kg ⁻¹)	10,95	Rendah
8.	Kejenuhan Basa (%)	82	Sangat tinggi

Hasil analisis tanah awal Latosol Pasar Jumat ditampilkan pada Tabel 1. Tanah Latosol Pasar Jumat bertekstur liat berdebu dengan didominasi kandungan fraksi liat (40%). Menurut kriteria penilaian hasil analisis tanah dari Sulaeman dan Eviati (2012), tanah Latosol Pasar Jumat bersifat masam dengan hambatan utama kesuburan tanah berupa kandungan C organik, N total dan nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah yang tergolong

rendah. Sedangkan kandungan P₂O₅ potensial tanah Latosol Pasar Jumat tergolong tinggi, namun P tersedia tergolong sedang. Kandungan kation-kation (Ca, Mg, K dan Na) tergolong sangat rendah sampai sedang. Kejenuhan basa tanah Latosol Pasar Jum'at tergolong tinggi. Nilai kejenuhan basa tanah adalah presentase dari total KTK yang diduduki oleh kation-kation basa, seperti Ca, Mg, Na, dan K. Kejenuhan basa menunjukkan perbandingan antara jumlah semua kation (kation asam dan kation basa) yang terdapat dalam kompleks jerapan tanah. Kation-kation basa umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman (Sudaryono 2009).

Bobot dan Serapan N Tanaman

Berdasarkan analisis statistik tidak terdapat pengaruh interaksi maupun pengaruh mandiri dari perlakuan dosis dan waktu pemupukan urea terhadap bobot kering brangkas, bobot kering biji, bobot kering total tanaman serta serapan N tanaman (Tabel 2). Penambahan dosis urea sebesar 10 dan 20 ppm N dari dosis urea terendah (60 ppm N) tidak menyebabkan peningkatan serapan N dan bobot kering tanaman secara signifikan. Hasil ini diduga disebabkan oleh interval dosis urea pada penelitian ini tidak terlalu lebar, perbedaan dari dosis terendah sampai dosis maksimum hanya 20 ppm N dan tidak mampu menyebabkan peningkatan serapan N dan bobot tanaman. Selain itu kemampuan tanaman dalam menyerap N dalam tanah juga dapat dipengaruhi oleh jenis tanaman, jenis tanah dan faktor lingkungan (Masclaux-Daubresse *et al.* 2010).

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan respon tanaman jagung manis yang berbeda-beda akibat pemberian beberapa dosis urea. Hal ini diduga karena perbedaan varietas dan karakteristik tanah yang digunakan dalam penelitian, terutama kadar N tanah. Suratmini (2009) melaporkan bahwa penambahan dosis urea menjadi 300 kg urea ha⁻¹ dan 400 kg urea ha⁻¹ tidak menyebabkan peningkatan bobot tongkol jagung manis dibanding pemberian 150 kg urea ha⁻¹. Hasil yang serupa dilaporkan oleh penelitian Widyanto *et al.* (2013), pemberian urea dosis 300 kg ha⁻¹ meningkatkan bobot tongkol jagung manis dibandingkan dosis 75 kg ha⁻¹ tapi tidak berbeda nyata dibanding dosis 150 kg ha⁻¹. Sebaliknya, penelitian Hastuti (2001) menunjukkan bahwa pemberian urea dosis 200 kg ha⁻¹ meningkatkan bobot segar tongkol jagung manis dibanding dosis 150 kg ha⁻¹, tetapi menurun pada dosis 250 kg ha⁻¹.

Pemberian pupuk dalam dua, tiga, dan empat tahap tidak menyebabkan perbedaan serapan N dan bobot kering tanaman. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa

Tabel 2. Pengaruh dosis dan waktu pemupukan urea terhadap berat kering brangkasan dan biji serta serapan N tanaman jagung manis

Tabel 2. The effect of several doses and application timing of urea fertilizer on stover and grain dry weight and N uptake by the plant

Perlakuan	Bobot kering			Serapan N		
	Brangkasan	Biji	Tanaman	Brangkasan	Biji	Tanaman
g tanaman ⁻¹mg tanaman ⁻¹		
<i>Dosis urea</i>						
Dosis 60 ppm N	57,41 a	10,97 a	73,68 a	880 a	344 a	1223 a
Dosis 70 ppm N	54,99 a	13,93 a	64,59 a	922 a	292 a	1214 a
Dosis 80 ppm N	53,99 a	10,03 a	66,62 a	824 a	383 a	1206 a
<i>Interval pemupukan</i>						
Dua tahap	51,53 a	11,99 a	62,50 a	826 a	289 a	1115 a
Tiga tahap	57,97 a	10,67 a	69,97 a	857 a	348 a	1204 a
Empat tahap	56,89 a	12,28 a	72,42 a	942 a	382 a	1324 a

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

pemberian pupuk dua tahap lebih baik dibanding pemberian pupuk tiga dan empat tahap karena dapat mengurangi biaya pemupukan dengan produktifitas yang sama. Beberapa penelitian juga melaporkan hasil yang serupa, penelitian De Oliveira *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pemberian pupuk dalam beberapa tahap tidak menyebabkan peningkatan hasil tanaman jagung. Penelitian Saragih *et al.* (2013) menunjukkan bahwa waktu aplikasi urea yang diberikan secara bertahap hanya dapat meningkatkan tinggi tanaman jagung. Sedangkan menurut Suwardi dan Efendi (2009), pemberian pupuk nitrogen pada tanaman jagung dengan pemberian dua kali sudah memberikan hasil lebih tinggi dengan takaran 100 kg urea ha⁻¹.

Serapan N Berasal dari Pemupukan Urea (¹⁵N) dan Efisiensi Penggunaan Pupuk N

Persentase N yang diserap tanaman berasal dari pupuk N (%Nbdp) pada penelitian ini adalah sebesar 50,7-54,4%, sedangkan 45,6-49,3% lainnya (%Nbdt) berasal dari tanah (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar N yang diserap tanaman berasal pupuk urea (¹⁵N). Sifat urea yang cepat larut, menjadikannya cepat tersedia bagi tanaman sehingga lebih mudah diserap oleh akar tanaman. Meskipun begitu, peranan N yang berasal dari mineralisasi bahan organik dalam tanah juga tidak dapat dikesampingkan karena menyumbang N tanaman cukup besar.

Nilai %Nbdp pada penelitian ini lebih besar dari penelitian Wang *et al.* (2016), yang menemukan bahwa 26,8-32,4% N dalam tanaman jagung berasal dari pupuk N

sedangkan sebagian besar N lainnya (67,6-73,2%) berasal dari tanah meskipun dosis pupuk N yang diberikan lebih besar. Penelitian Rimski-Korsakov *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa mineralisasi bahan organik tanah menyumbang N lebih besar dibanding pupuk N yaitu sebesar 54-78% dari total N tanaman jagung. Sedangkan penelitian Mahfuzah *et al.* (2017) menunjukkan nilai %Nbdp yang hampir sama dengan penelitian ini. Perbedaan nilai ini diduga disebabkan oleh kandungan N dan C organik tanah yang digunakan pada penelitian ini tergolong rendah, sehingga pupuk N lebih berperan dibanding N berasal dari tanah.

Tidak terdapat pengaruh interaksi antara dosis dan waktu aplikasi pemupukan terhadap %Nbdp, %Nbdt, jumlah serapan N berasal dari pupuk (brangkasan, biji, tanaman) dan nilai efisiensi pemupukan N. Dosis pemupukan berpengaruh secara mandiri terhadap %Nbdp, %Nbdt dan nilai efisiensi pemupukan N. Dosis 60 ppm N meningkatkan %Nbdp dan menurunkan %Nbdt dibanding dosis 70 ppm. Sedangkan waktu pemupukan berpengaruh signifikan secara mandiri terhadap nilai %Nbdp dan %Nbdt. Pemupukan empat tahap meningkatkan %Nbdp dan menurunkan %Nbdt dibanding pemupukan tiga tahap, namun tidak berbeda nyata dibandingkan pemupukan dua tahap. Namun, perbedaan nilai %Nbdp ini, baik akibat dosis maupun waktu pemupukan, tidak menyebabkan perbedaan signifikan jumlah N berasal dari pupuk yang diserap oleh tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan dosis urea menjadi 70 ppm dan 80 ppm (ekuivalen dengan 300 dan 350 kg urea ha⁻¹) tidak cukup untuk meningkatkan

Tabel 3. Pengaruh dosis dan waktu pemupukan urea terhadap %N tanaman berasal dari pupuk (%Nbdp), %N tanaman berasal dari tanah (%Nbdt), serapan N tanaman berasal dari pupuk dan efisiensi pemupukan Urea

Tabel 3. The effect of several doses and timing of urea fertilizer application on %N of plant derived from fertilizer (%Nbdp), %N of plant derived from soil (%Nbdt), N uptake by plant derived from fertilizer and N fertilizer use efficiency

Perlakuan	N tanaman berasal dari pupuk)	N tanaman berasal dari tanah (%Nbdt)	Serapan N berasal dari pupuk (mg/tanaman)			Efisiensi pemupukan urea (%)
			Brangkas	Biji	Tanaman	
	%Nbdp	%Nbdtmg tanaman ⁻¹			%
<i>Dosis urea</i>						
Dosis 60 ppm N	54,4 b	45,6 a	474 a	185 a	659 a	82,7 b
Dosis 70 ppm N	50,7 a	49,3 b	458 a	142 a	600 a	62,9 a
Dosis 80 ppm N	53,1 ab	46,9 ab	436 a	203 a	639 a	55,6 a
<i>Interval pemupukan</i>						
2 tahap	53,2 ab	46,8 ab	436 a	154 a	590 a	62,9 a
3 tahap	51,0 a	49,0 b	449 a	183 a	632 a	68,9 a
4 tahap	54,1 b	45,9 a	483 a	194 a	676 a	69,4 a

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

jumlah serapan N berasal dari pupuk secara signifikan dibanding dosis 60 ppm (ekuivalen dengan 250 kg urea ha⁻¹). Hal ini diduga disebabkan oleh rentang dosis urea yang tidak terlalu lebar pada penelitian ini. Pembagian waktu pemupukan menjadi tiga dan empat tahap juga tidak menyebabkan peningkatan serapan N berasal dari pupuk dibanding pemupukan dua tahap. Hal ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Wang *et al.* (2016), pemupukan urea tiga tahap dengan dosis 500 kg ha⁻¹ meningkatkan serapan N berasal dari pupuk hanya bila dibanding satu tahap pemupukan namun tidak berbeda nyata bila dibanding dua tahap pemupukan.

Nilai efisiensi pemupukan N pada penelitian ini berkisar antara 55,6-82,7%, hal tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar pupuk urea (¹⁵N) yang diberikan telah diserap oleh tanaman. Nilai efisiensi pemupukan N menggambarkan seberapa besar pupuk N yang diberikan dapat diserap oleh tanaman. Nilai efisiensi pemupukan N pada penelitian ini lebih tinggi dari beberapa penelitian sebelumnya. Beberapa penelitian pemupukan tanaman jagung menggunakan isotop ¹⁵N, menghasilkan nilai efisiensi pemupukan N antara 30-50% (De Oliveira *et al.* 2018). Nannen *et al.* (2011) melaporkan nilai efisiensi pemupukan urea (¹⁵N) dosis 110, 220, dan 330 kg ha⁻¹ pada tanaman jagung berkisar antara 51-61%.

Nilai efisiensi pemupukan N yang relatif besar pada penelitian ini diduga disebabkan oleh kandungan N dan C organik tanah yang rendah sehingga menyebabkan pupuk N banyak diserap oleh tanaman. Hal ini juga ditunjukkan oleh nilai %Nbdp yang relatif besar. Selain itu, dosis

maksimum pada penelitian ini bukan merupakan dosis sangat tinggi sehingga diduga menyebabkan lebih sedikitnya pupuk yang tidak terserap. Pada penelitian ini sekitar 17,3-44,4% pupuk urea tidak diserap oleh tanaman. Pupuk N yang tidak diserap tanaman akan terimobilisasi dalam bahan organik tanah atau hilang ke lingkungan melalui proses pencucian, denitrifikasi atau volatilisasi (Dourado-Neto *et al.* 2010).

Dosis pemupukan terendah (60 ppm N) secara signifikan menyebabkan nilai efisiensi pemupukan N tertinggi, yaitu sebesar 82,7%. Peningkatan dosis urea sebanyak 10 ppm N dan 20 ppm N secara signifikan menurunkan nilai efisiensi pemupukan N. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan dosis urea menjadi 70 dan 80 ppm N berpotensi meningkatkan jumlah kehilangan N. Sedangkan waktu pemupukan tidak menyebabkan perbedaan nilai efisiensi pemupukan N. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nissen dan Wander (2003), yang melaporkan bahwa peningkatan dosis pupuk urea dari 165 kg ha⁻¹ menjadi 500 kg ha⁻¹ menurunkan nilai efisiensi pemupukan N dari 43,4% menjadi 37,4%. Efisiensi pemupukan N merupakan salah satu indikator penting dalam pengelolaan pemupukan N. Mendapatkan nilai efisiensi pemupukan N sekaligus produktifitas tinggi merupakan salah satu tujuan sistem budidaya pertanian saat ini. Pemupukan dengan dosis yang tepat dapat lebih menselaraskan antara suplai N dan kebutuhan N tanaman, sehingga kehilangan N menjadi minimal dan pemupukan menjadi lebih efisien. Peningkatan efisiensi pemupukan sebesar 1% saja dapat menghemat biaya pemupukan

diseluruh dunia sebesar 2,3 juta dolar US (Raun dan Johnson 1999). Selain itu, peningkatan efisiensi pemupukan N dari 30% menjadi 80% dapat mengurangi polusi pupuk dari 70 kg hm⁻² menjadi hanya 8 kg hm⁻² (Hashim *et al.* 2015).

Kesimpulan

Pemupukan urea mensuplai sekitar 50,7-54,4% N tanaman dan 45,6-49,3% N sisanya berasal dari tanah. Dosis pupuk berpengaruh signifikan terhadap %N tanaman berasal dari pupuk (%Nbdp), %N tanaman berasal dari tanah (%Nbdt) dan efisiensi pemupukan N. Pemberian urea dosis 60 ppm N (ekuivalen dengan 250 kg ha⁻¹) menyebabkan efisiensi pemupukan N tertinggi, yaitu sebesar 82,7%. Penambahan dosis urea menjadi 70 dan 80 ppm N (ekuivalen dengan 300 dan 350 kg ha⁻¹) tidak menyebabkan perbedaan nyata jumlah penyerapan N berasal dari pupuk, serapan N total dan bobot kering tanaman jagung dibanding dosis 60 ppm N, namun secara signifikan menurunkan nilai efektifitas pemupukan N. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian urea dosis tepat berpotensi mengurangi kehilangan N dengan tetap mempertahankan bobot hasil. Sedangkan pemupukan dalam empat tahap hanya mampu meningkatkan %Nbdp tanaman jagung dibandingkan pemupukan tiga tahap, namun tidak berbeda nyata dibandingkan dua tahap. Pada penelitian ini efisiensi pemupukan N tanaman jagung adalah sebesar 55,6-82,7%. Hal ini berarti 55,6-82,7% pupuk urea (¹⁵N) yang diaplikasikan telah diserap oleh tanaman.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan untuk Bapak Sudono Slamet, SP dan Indra Milyardi, M.Si yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Naskah ini ditulis oleh Anggi Nico Flatian sebagai “Kontributor Utama,” sedangkan Adinda Febrianda Rachmadhani dan Edy Suryadi sebagai “Kontributor Anggota.”

Daftar Pustaka

Akil. 2009. Aplikasi pupuk urea pada tanaman jagung. Prosiding Seminar Nasional Serealia 2009. Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Benincasa P, Guiducci M, Tei F. 2011. The nitrogen use efficiency: Meaning and sources of variation-case studies on three vegetable crops in central Italy. *HortTechnology*. 21(3):266-273. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.3.266>.

De Oliveira SM, De Almeida REM, Ciampitti IA, Junior CP, Lago BC, Trivelin PCO, Favarin JL. 2018. Understanding N timing in corn yield and fertilizer N recovery: An insight from an isotopic labeled-N determination. *PLoS ONE*. 13(2):1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192776>.

Dourado-Neto D, Powlson D, Bakar RA, Bacchi OOS, Basanta MV, Cong P, Keerthisinghe G, Ismaili M, Rahman SM, Reichardt K, Safwat MSA, Sangakkara R, Timm LC, Wang JY, Zagal E, van Kessel C. 2010. Multiseason recoveries of organic and inorganic nitrogen-15 in tropical cropping systems. *Soil Science Society of America Journal*. 74(1):139-152. <https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0192>.

Hashim MM, Yusop MK, Othman R, Wahid SA. 2015. Characterization of nitrogen uptake pattern in Malaysian rice MR219 at different growth stages using ¹⁵N isotope. *Rice Science*. 22(5):250-254. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2015.09.005>.

Hastuti PB. 2001. Pengaruh dosis pupuk N dan populasi tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil jagung manis. *Buletin Ilmiah INSTIPER Yogyakarta*. 8(1):15-24.

Laksono RA, Saputro N W, Syafi'i M. 2018. Respon pertumbuhan dan hasil beberapa varietas jagung manis (*Zea mays Saccharata sturt. L*) akibat takaran bokashi pada sistem Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di kabupaten Karawang. *Kultivasi*. 17(1):608-616. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i1.16079>.

Lü P, Zhang ZW, Jin LB, Liu W, Dong ST, Liu P. 2012. Effects of nitrogen application stage on grain yield and nitrogen use efficiency of high-yield summer maize. *Plant Soil and Environment*. 58(5):211-216.

Mahfuzah NA, Khanif YM, Radziah O, Khairuddin AR. 2017. Timing of nitrogen uptake pattern by maize using ¹⁵N isotope technique at different growth stages. *Bangladesh Journal of Botany*. 46:329-334.

Masclaux-Daubresse C, Daniel-Vedele F, Dechorgnat J, Chardon F, Gaufichon L, Suzuki A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: Challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*. 105(7):1141-1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>.

Nannen DU, Herrmann A, Loges R, Dittert K, Taube F. 2011. Recovery of mineral fertiliser N and slurry N in continuous silage maize using the ¹⁵N and difference methods. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 89(2):269-280. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9392-2>.

Nissen TM, Wander MM. 2003. Management and soil-quality effects on fertilizer-use efficiency and leaching. *Soil Science Society of America Journal*. 67(5):1524-1532. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1524>.

- Raun WR, Johnson GV. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 91(3):357-363. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.00021962009100030001x>.
- Rimski-Korsakov H, Rubio G, Lavado RS. 2012. Fate of the nitrogen from fertilizers in field-grown maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 93(3):253-263. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9513-1>.
- Rütting T, Aronsson H, Delin S. 2018. Efficient use of nitrogen in agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 110(1):1-5. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9900-8>.
- Saragih D, Hamim H, Nurmauli N. 2013. Meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays L.*) Pioneer 27. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(1):50-54.
- Sudaryono S. 2009. Tingkat kesuburan tanah Ultisol pada lahan pertambangan batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 10(3):337-346. <https://doi.org/10.29122/jtl.v10i3.1480>.
- Sulaeman, Eviati. 2012. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk (2nd ed.). Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, Bogor. 234 hlm.
- Suratmini P. 2009. Kombinasi pemupukan urea dan pupuk organik pada jagung manis di lahan kering. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 28(2):83-88.
- Suwardi, Efendi R. 2009. Efisiensi penggunaan pupuk N pada jagung komposit menggunakan bagan warna daun. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2009*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Wang S, Luo S, Yue S, Shen Y, Li S. 2016. Fate of ¹⁵N fertilizer under different nitrogen split applications to plastic mulched maize in semiarid farmland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 105(2):129-140. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9780-3>.
- Widyanto A, Sebayang HT, Soekartomo S. 2013. Pengaruh Pengaplikasian Zeolit dan Pupuk Urea Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays L. saccharata Sturt.*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(4):378-388. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/47/47>
- Yanai J, Omoto T, Nakao A, Koyama K, Hartono A, Anwar S. 2014. Evaluation of nitrogen status of agricultural soils in Java, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*. 60(2):188-195. <https://doi.org/10.1080/00380768.2014.891925>.