

Hasil Tebu Pertama dan Keprasan serta Efisiensi Penggunaan Hara N dan S akibat Substitusi Amonium Sulfat

Plant and Ratoon Cane Yield and Nutrient Use Efficiency due to Substitution of Ammonium Sulfate

Nurhidayati*, Abdul Basit, dan Sunawan

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang
Jl. MT. Haryono No. 193 Malang, Jawa Timur 65144, Indonesia

Diterima 14 Juni 2012/Disetujui 9 Januari 2013

ABSTRACT

This study was aimed to describe the substitution of ammonium sulfate (AS) with the other fertilizers containing the equal N and S to the cane and sugar yield and nutrient use efficiency of the plant and ratoon cane. A field experiment with a randomized complete block design and three replications was conducted on the dry land in two consecutive cropping seasons of 2010 to 2011. There were 10 treatments consisting of three treatments tested using the AS fertilizer; three treatments using AS substitute in the form of urea + gypsum, three treatments using AS substitute in the form of urea + gypsum + biocompost and a control treatment (without fertilizer). The results showed that for the plant cane, the highest cane yield was obtained on the treatments using urea + gypsum, while the highest sugar content and yield on the treatment using urea + gypsum + biocompost with 140 kg N ha⁻¹+168 kg S ha⁻¹ rates. The highest nutrient use efficiency was obtained on the treatment using urea + gypsum 100 kg N ha⁻¹+120 kg S ha⁻¹ rates. For the ratoon cane, the highest cane yield, sugar content and yield were obtained in the treatment using urea + gypsum + biocompost. The highest nutrient use efficiency was obtained on the treatment using urea + gypsum with 100 kg N ha⁻¹+120 kg S ha⁻¹ rates and urea + gypsum + biocompost with 140 kg N ha⁻¹+168 kg S ha⁻¹ rates. The range of the average increase in the nutrient use efficiency of substitution fertilizer between 42-44% compared to the AS fertilizer. This results suggests AS fertilizer in sugarcane cultivation can be substituted with the other fertilizers which have equal N and S content.

Keywords: AS fertilizer, AS substitution, cane and sugar yield, nutrient use efficiency

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi pupuk amonium sulfat dengan pupuk lain yang mengandung N dan S yang sama terhadap hasil tebu dan gula serta efisiensi penggunaan hara tanaman tebu pertama dan keprasan. Percobaan lapangan di lahan kering dengan rancangan kelompok lengkap teracak dan 3 ulangan dalam 2 musim tanam tebu secara berurutan mulai tahun 2010-2011. Percobaan ini terdiri atas 10 perlakuan, yaitu 3 perlakuan menggunakan pupuk amonium sulfat, 3 perlakuan menggunakan pupuk pengganti amonium sulfat dalam bentuk urea + gypsum, 3 perlakuan menggunakan pupuk pengganti amonium sulfat dalam bentuk urea + biokompos + gypsum, dan 1 perlakuan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanaman tebu pertama, hasil tebu tertinggi diperoleh pada perlakuan urea + gypsum, sementara rendemen dan hasil gula tertinggi diperoleh pada perlakuan urea + biokompos + gypsum (140 kg N ha⁻¹+168 kg S ha⁻¹). Efisiensi penggunaan hara tertinggi diperoleh pada perlakuan urea + gypsum (100 kg N ha⁻¹+120 kg S ha⁻¹). Hasil tebu, kandungan dan hasil gula tertinggi pada tanaman tebu keprasan diperoleh pada perlakuan urea + biokompos + gypsum, namun efisiensi penggunaan hara tertinggi diperoleh pada perlakuan urea + gypsum (100 kg N ha⁻¹+120 kg S ha⁻¹) dan urea + biokompos + gypsum (140 kg N ha⁻¹+168 kg S ha⁻¹). Kisaran rata-rata peningkatan efisiensi penggunaan pupuk substitusi antara 42-44% dibandingkan dengan pupuk amonium sulfat. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk amonium sulfat dalam budidaya tebu dapat disubstitusi dengan pupuk lain yang mengandung hara N dan S yang sama

Kata kunci: amonium sulfat, efisiensi penggunaan hara, gula, hasil tebu

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: nht_unisma@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pupuk amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) adalah sumber pupuk N yang umum digunakan petani tebu khususnya di Jawa Timur, karena terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tebu. Akan tetapi, aplikasi pupuk amonium sulfat dalam budidaya tebu di lapangan seringkali menimbulkan masalah baik dari aspek teknis dan non teknis. Masalah dari aspek teknis adalah pupuk amonium sulfat seringkali diaplikasikan melampaui dosis rekomendasi. Praktik ini dapat menurunkan efisiensi pemupukan dan dalam jangka panjang memberikan dampak negatif pada tanah dan perairan di sekitarnya (Balkcom *et al.*, 2003). Masalah dari aspek non teknis, yaitu penggunaan pupuk amonium sulfat ketika musim tanam tebu mengakibatkan terjadinya kelangkaan pupuk.

Penggunaan pupuk amonium sulfat berlebihan dapat menurunkan hasil dan kandungan gula tebu (Lestari, 1993), karena dapat mengurangi serapan hara makro sekunder (Singh *et al.*, 2008). Pupuk amonium sulfat bereaksi asam di dalam tanah karena merupakan senyawa garam dari basa lemah dan asam kuat. Residu ion SO₄²⁻ dalam tanah bereaksi dengan air membentuk asam sulfat, sehingga dapat menurunkan pH tanah (Hartemink, 1998a; Hartemink, 1998b). Penurunan pH tanah terbesar akibat aplikasi pupuk N terjadi pada aplikasi pupuk amonium sulfat dibandingkan dengan urea dan ammonium nitrat (Chien-Sen *et al.*, 2008).

Beberapa penelitian untuk mencari pupuk alternatif sebagai sumber N telah dilakukan pada sistem budidaya tebu. Penggantian amonium sulfat dengan urea tidak berpengaruh nyata terhadap hasil tebu dan gula tanaman pertama dan keprasan, namun pada perlakuan tanpa blotong, substitusi pupuk amonium sulfat 50 dan 100% oleh urea berpengaruh nyata terhadap hasil tebu dan gula (Ismail *et al.*, 1998). Ismail dan Simoen (1999) menyimpulkan bahwa beberapa sumber N yang dapat digunakan sebagai pengganti amonium sulfat adalah pupuk organik cair dari sisa asam amino, limbah padat pabrik gula, kompos dan pupuk urea.

Penelitian tentang substitusi amonium sulfat dengan pupuk lain yang mempertimbangkan kandungan hara S belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh substitusi pupuk amonium sulfat dengan pupuk lain yang mengandung N dan S yang sama terhadap hasil tebu dan gula serta efisiensi pemupukan tanaman tebu pertama (*plant cane*) dan keprasan (*ratoon cane*).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret 2010 sampai dengan September 2011 di lahan kering di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dengan ketinggian 650 m dpl (07°56.638 LS dan 112°34.913 BT), dengan jenis tanah Inceptisol (tekstur lempung: 20% liat, 49% debu dan 31% pasir), berat isi (*bulk density*) tanah =1.23 g cm⁻³, kandungan C-organik (1.03%), pH 6.4, kandungan N total (0.14%), kandungan P (32.37 mg kg⁻¹), dan kandungan K (0.13 me (100 g tanah)⁻¹). Percobaan ini dilakukan selama 7 bulan pertumbuhan tanaman tebu untuk 2 periode penanaman. Periode penanaman tebu pertama menggunakan bibit yang disebut sebagai tebu pertama (*Plant Cane, PC*) dan periode kedua setelah panen tebu pertama, batang bawah tebu dikepras dan ditumbuhkan kembali. Tanaman tebu yang tumbuh disebut sebagai tebu keprasan (*Ratoon Cane, RC*).

Percobaan disusun berdasarkan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan 3 ulangan. Terdapat 10 perlakuan yang terdiri atas 3 perlakuan dengan 3 dosis pupuk amonium sulfat, 3 perlakuan dengan 3 dosis urea + gypsum dan 3 perlakuan menggunakan 3 dosis urea + biokompos + gypsum. Pupuk substitusi mempunyai dosis hara yang sama dengan pupuk amonium sulfat dan ditambah 1 perlakuan kontrol (tanpa penggunaan pupuk). Secara rinci perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Persiapan lahan dilakukan secara manual dengan cara dicangkul. Plot percobaan yang digunakan berukuran 3 m x 3 m yang terdiri atas 3 baris lubang tanam (juringan)

Tabel 1. Kombinasi perlakuan yang diujikan

Perlakuan	Dosis N (kg ha ⁻¹)	Dosis S (kg ha ⁻¹)	Amonium sulfat (kg ha ⁻¹)	Urea (kg ha ⁻¹)	Biokompos (kg ha ⁻¹)	Gypsum (kg ha ⁻¹)
P0	-	-	-	-	-	-
P1	100	120	500	-	-	-
P2	140	168	700	-	-	-
P3	180	216	900	-	-	-
P4	100	120	-	223	-	522
P5	140	168	-	312	-	730
P6	180	216	-	400	-	938
P7	100	120	-	110	1,950	522
P8	140	168	-	155	2,750	730
P9	180	216	-	200	3,550	938

Keterangan : Penentuan dosis S didasarkan pada kadar S (24%) dan N (20%) pada pupuk amonium sulfat; kadar S dalam Gypsum 19%; kadar N dalam urea 45 %; kadar N pupuk Biokompos 2.57%

berukuran panjang 3 m dan lebar 0.5 m dan jarak antar juringan 1 m. Bibit tebu yang digunakan adalah varietas BL-Merah dengan 2 mata tunas dan panjang 25 cm. Kebutuhan bibit per plot sebanyak 36 bibit tebu atau setara dengan 0.6 kg m⁻² (≈ 6 ton ha⁻¹). Penanaman bibit diletakkan mendatar sepanjang lubang tanam kemudian ditutup dengan tanah setebal ± 10 cm.

Biokompos dan gypsum diaplikasikan 3 hari sebelum tanam dan disebar secara merata sepanjang juringan dan dicampur dengan tanah. Selain pupuk yang dijelaskan dalam perlakuan, penelitian ini menggunakan pupuk dasar berupa SP-36 dengan dosis 300 kg ha⁻¹ diaplikasikan saat tanam dan KCl 200 kg ha⁻¹ diberikan pada umur 1 bulan setelah tanam dengan cara ditugal pada jarak 10 cm. Pupuk amonium sulfat dan urea diaplikasikan dalam 2 tahap. Tahap pertama (50% dari dosis) diaplikasikan 2 minggu setelah tanam. Tahap ke dua (50% dari dosis) diaplikasikan 1 bulan setelah aplikasi tahap pertama. Cara yang sama diterapkan pada tanaman keprasan setelah tanaman pertama panen. Akan tetapi, pada tanaman keprasan tidak dilakukan pengolahan tanah, hanya dilakukan pembersihan lahan, kemudian tanaman tebu dikepras supaya pertumbuhannya rata dan dibuat larikan pada jarak 10 cm untuk aplikasi pupuk. Pemeliharaan tanaman terdiri atas pembumbunan pada umur 3 bulan dan 5 bulan setelah tanam. Pembuangan daun tua dilakukan pada umur 5 bulan ketika dijumpai daun-daun kering di bagian bawah. Pemanenan dilakukan pada fase masak awal, yaitu umur 7 bulan dengan cara ditebang pada pangkal batang. Selanjutnya tanaman tebu dikepras, ditumbuhkan kembali dan dipanen lagi pada umur 7 bulan setelah dikepras.

Variabel yang diamati meliputi potensi hasil tebu (dilakukan dengan cara menimbang batang tebu setelah dibersihkan daun-daunnya saat panen pada tiap petak perlakuan kemudian dikonversi dalam satuan hektar), potensi rendemen (dilakukan dengan cara mengamati nilai polarisasi contoh nira (Pol) yang menunjukkan total gula terlarut dan total padatan terlarut dalam nira (Brix) hasil gilingan contoh dengan menggunakan alat refraktometer, rendemen (kandungan gula, %) dan hasil gula dihitung dengan rumus (Bokhtiar dan Sakurai, 2007):

$$\text{Rendemen} = [(\text{Pol} - 0.4 (\text{Brix} - \text{Pol})) \times \text{KNT} \times 100]$$

Keterangan:

- KNT = Kandungan Nira
- Tebu = Bobot Nira/Bobot Tebu
- Pol = Gula terlarut dalam nira
- Brix = Total padatan terlarut dalam nira
- hasil gula (ton) = % Rendemen x Bobot Tebu (ton)

Penentuan efisiensi pemupukan (*nutrient use efficiencies*, NUE) berdasarkan persamaan (Snyder dan Bruulsema, 2007):

$$\text{NUE}_x = (Y_x - Y_0) / F_x$$

Keterangan:

- NUE = Efisiensi penggunaan pupuk X
- Y_x = Hasil tebu petak perlakuan
- Y₀ = Hasil tebu petak tanpa pupuk X
- F_x = dosis pupuk X

Data yang dikumpulkan dan hasil perhitungan efisiensi pemupukan dianalisis ragam (Uji F) pada P < 0.05. Bila Uji F nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada P < 0.05 untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Substitusi Pupuk Amonium Sulfat terhadap Hasil Tebu

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa perlakuan yang diujikan memberikan pengaruh nyata terhadap hasil tebu. Perlakuan kontrol (tanpa pupuk) memberikan hasil tebu terendah. Perlakuan dosis tertinggi urea + gypsum memberikan hasil tebu tertinggi pada tanaman tebu pertama tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2 dosis ammonium sulfat, 2 dosis urea + gypsum, dan dosis tertinggi urea + biokompos + gypsum. Sementara pada tanaman keprasan, hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan dua dosis tertinggi urea + biokompos + gypsum, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2 dosis tertinggi urea + gypsum (Tabel 2). Hasil tebu pertama pada perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat sebesar 77.36 ton ha⁻¹, pupuk urea + gypsum sebesar 90.35 ton ha⁻¹ dan pupuk urea + biokompos + gypsum sebesar 73.41 ton ha⁻¹. Pupuk amonium sulfat memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan pupuk urea + biokompos + gypsum dengan kenaikan sebesar 5.4%. Akan tetapi, bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan urea + gypsum, pupuk amonium sulfat memberikan hasil yang lebih rendah dengan penurunan sebesar 16.8%. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanaman tebu pertama pupuk amonium sulfat masih memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang menggunakan urea + biokompos + gypsum. Akan tetapi, penggunaan pupuk amonium sulfat dapat digantikan oleh pupuk urea + gypsum. Aplikasi gypsum dapat memberikan keuntungan ganda. Selain sebagai sumber hara S, gypsum juga menambah hara Ca dan meningkatkan ketersediaan K (Favaretto *et al.*, 2008). Hasil ini konsisten dengan yang dilaporkan oleh Jayaram *et al.* (2010) bahwa penggunaan gypsum memberikan hasil tebu dan gula yang lebih tinggi dibandingkan kontrol pada dosis pemberian S sebesar 175 kg S ha⁻¹ yang bersumber dari pupuk N, P dan gypsum. Pertumbuhan, hasil tebu dan gula akan meningkat bila terjadi keseimbangan hara N, P, K, Mg, S dan Ca (Singh *et al.*, 2008; Jayaram *et al.*, 2010). Gypsum merupakan bahan pembenah tanah yang dapat berfungsi sebagai sumber S tanaman. Pengaruh menguntungkan yang lain dari gypsum adalah dapat mengurangi pemadatan tanah dengan cara membantu proses flokulasi dan pembentukan agregat tanah yang mantap serta dapat meningkatkan stabilitas bahan organik tanah melalui mekanisme pengikatan bahan organik tanah ke dalam liat sehingga meningkatkan stabilitas agregat tanah (Chen dan Dick, 2011).

Rata-rata hasil tebu keprasan pada perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat sebesar 73.12 ton ha⁻¹, pupuk urea + gypsum sebesar 83.82 ton ha⁻¹ dan pupuk urea + biokompos + gypsum sebesar 85.71 ton ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanaman keprasan penggunaan

Tabel 2. Hasil tebu dan kandungan gula pada tanaman pertama (PC) dan keprasan (RC) pada perlakuan pemberian pupuk amonium sulfat dan substitusinya (urea, gypsum dan biokompos)

Perlakuan (dosis pupuk, kg ha ⁻¹)	Hasil tebu (ton ha ⁻¹)		Rendemen (%)	
	PC	RC	PC	RC
P0: Tanpa pupuk	43.67c	40.95d	8.03b	7.03d
P1: 500 amonium sulfat	64.34bc	60.93c	5.37c	8.95a
P2: 700 amonium sulfat	85.03ab	70.81c	6.47c	8.44ab
P3: 900 amonium sulfat	82.71ab	87.63ab	6.43c	7.33c
P4: 223 urea + 1,950 gypsum	87.54ab	78.40bc	5.90c	7.13cd
P5: 312 urea + 730 gypsum	85.70ab	85.07b	6.03c	7.73bcd
P6: 400 urea + 938 gypsum	97.80a	87.99ab	6.17c	8.02b
P7: 110 urea + 1,950 biokompos + 522 gypsum	68.79b	64.67c	6.17c	8.43ab
P8: 155 urea + 2,750 biokompos + 730 gypsum	72.54b	99.92a	9.23a	8.00b
P9: 250 urea + 3,550 biokompos + 938 gypsum	78.91ab	92.53a	8.13b	7.68bcd
BNJ 5%	21.89	12.69	1.06	0.72

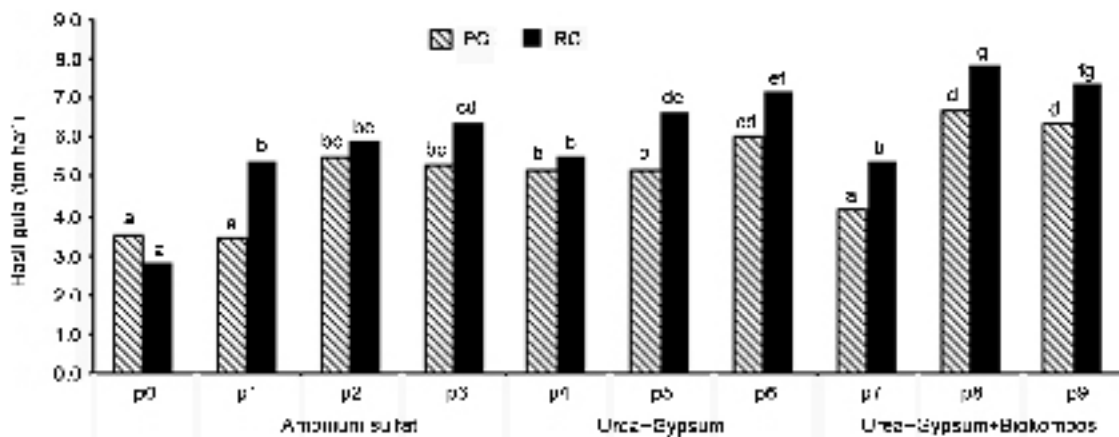
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf $\alpha = 5\%$

pupuk substitusi memberikan hasil tebu yang lebih tinggi dibandingkan pupuk amonium sulfat dengan kenaikan hasil sebesar 14.6% untuk perlakuan yang menggunakan urea + gypsum dan 17.2% untuk perlakuan yang menggunakan urea + biokompos + gypsum. Hasil tebu keprasan pada perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat dan pupuk urea + gypsum lebih rendah dibandingkan dengan hasil tebu pertama, sementara perlakuan yang menggunakan pupuk urea+gypsum+biokompos hasilnya lebih tinggi. Purwono *et al.* (1997) melaporkan bahwa rata-rata hasil tebu keprasan dari 8 varietas tebu yang diuji dengan sistem budidaya konvensional (menggunakan pupuk anorganik) lebih rendah dibandingkan dengan hasil tebu pertama. Menurut Guntoro *et al.* (2003), penggunaan kompos *bagasse* dikombinasikan dengan pupuk anorganik pada tanaman tebu dapat meningkatkan serapan N dan pertumbuhan tanaman tebu. Abu dan Purnomo (2010) juga melaporkan bahwa penggunaan biokompos yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik memberikan hasil tebu yang lebih tinggi pada tebu ratoon 1 dibandingkan dengan pemupukan konvensional yang dilakukan petani. Hasil ini konsisten dengan yang dilaporkan oleh Singh *et al.* (2007), bahwa penggunaan blotong sebagai pupuk organik pada lahan tebu memberikan peningkatan hasil yang nyata pada tebu keprasan (*ratoon 1*). Aplikasi pupuk organik berupa produk samping bit gula (*Beta vulgaris*) yang telah diproses pada tanaman bit gula dapat memberikan efek positif melalui perbaikan kesuburan tanah (Kumar *et al.*, 2009). Hasil penelitian ini dan penelitian Singh *et al.* (2007) dan Kumar *et al.* (2009) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan hasil tanaman.

Pengaruh Substitusi Pupuk Amonium Sulfat terhadap Hasil Gula

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa perlakuan yang diujikan memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan gula dan hasil gula. Perlakuan kontrol (tanpa pupuk) menyebabkan rendemen yang tinggi pada tanaman tebu pertama, namun pada tanaman tebu keprasan rendemennya menurun. Perlakuan dosis medium urea + biokompos + gypsum memberikan rendemen tertinggi pada tanaman tebu pertama, sedangkan pada tanaman keprasan rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis terendah pupuk amonium sulfat (P1), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis medium pupuk amonium sulfat (P2) dan dosis terendah urea + biokompos + gypsum (P7) (Tabel 2). Perlakuan kontrol memberikan rendemen yang tinggi. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan vegetatif tanaman tebu pada kontrol lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tebu yang diberikan pupuk. Pertumbuhan vegetatif yang lambat justru dapat meningkatkan kandungan gula, namun total hasil gulanya rendah.

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada tanaman tebu pertama, perlakuan kontrol (tanpa pupuk), dosis terendah pupuk amonium sulfat (P1), dan dosis terendah urea + biokompos + gypsum (P7) memberikan hasil gula terendah. Hasil gula tertinggi terdapat pada perlakuan dosis tinggi urea + biokompos + gypsum (P8 dan P9) yaitu 6.7 dan 6.4 ton ha⁻¹, dan dosis urea + gypsum tertinggi (P6) yaitu 6.7 ton ha⁻¹. Rata-rata hasil gula pada perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat sebesar 4.7 ton ha⁻¹, pupuk urea + gypsum sebesar 5.47 ton ha⁻¹ dan pupuk urea + biokompos + gypsum sebesar 5.7 ton ha⁻¹. Pupuk amonium



Gambar 1. Hasil gula tanaman tebu pertama (PC) dan tebu keprasan (RC) pada perlakuan pemberian pupuk amonium sulfat dan substitusinya (urea, gypsum dan biokompos). P1-P3, P4-P6, dan P7-P9 menunjukkan pengaruh 3 dosis (dari rendah ke tinggi) pada masing-masing kelompok perlakuan. Huruf yang sama menunjukkan perlakuan pemupukan pada tanaman tebu pertama (PC) atau pada tebu keprasan (RC) tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf $\alpha = 5\%$

sulfat memberikan hasil 15.2% lebih rendah dibandingkan pupuk urea + gypsum dan 21.1% lebih rendah dibandingkan pupuk urea + biokompos + gypsum. Hasil gula tertinggi pada tanaman tebu keprasan juga diperoleh pada perlakuan 2 dosis tertinggi urea + biokompos + gypsum (P8 dan P9) yaitu 7.9 dan 7.4 ton ha⁻¹, serta pada perlakuan dosis urea + gypsum tertinggi (P6), yaitu 7.2 ton ha⁻¹. Secara keseluruhan hasil gula tanaman keprasan lebih tinggi dibandingkan tanaman tebu pertama.

Pengaruh Substitusi Pupuk Amonium Sulfat terhadap Efisiensi Penggunaan Pupuk

Efisiensi penggunaan pupuk (*nutrient use efficiency*) adalah peningkatan hasil per satuan unit pupuk yang diaplikasikan. Besarnya efisiensi penggunaan pupuk dihitung

menggunakan data produksi (hasil tebu per hektar) dan dosis pupuk N dan S yang diaplikasikan pada tiap-tiap perlakuan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan yang diujikan memberikan pengaruh nyata terhadap efisiensi penggunaan N dan S. Perlakuan 3 dosis urea + gypsum memberikan efisiensi penggunaan N dan S tertinggi pada tanaman tebu pertama, sedangkan pada tanaman tebu keprasan efisiensi penggunaan N dan S tertinggi terdapat pada perlakuan dosis medium urea + biokompos (P8) dan dosis rendah urea + gypsum (P4) (Tabel 3). Perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat menghasilkan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N adalah 239.6 dan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk S adalah 199.7 pada tebu pertama. Perlakuan yang menggunakan pupuk urea + gypsum menghasilkan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N adalah 346.5 dan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk

Tabel 3. Rerata efisiensi penggunaan pupuk pada tanaman tebu pertama (PC) dan keprasan (RC) pada perlakuan pemberian pupuk amonium sulfat dan substitusinya (urea, gypsum dan biokompos)

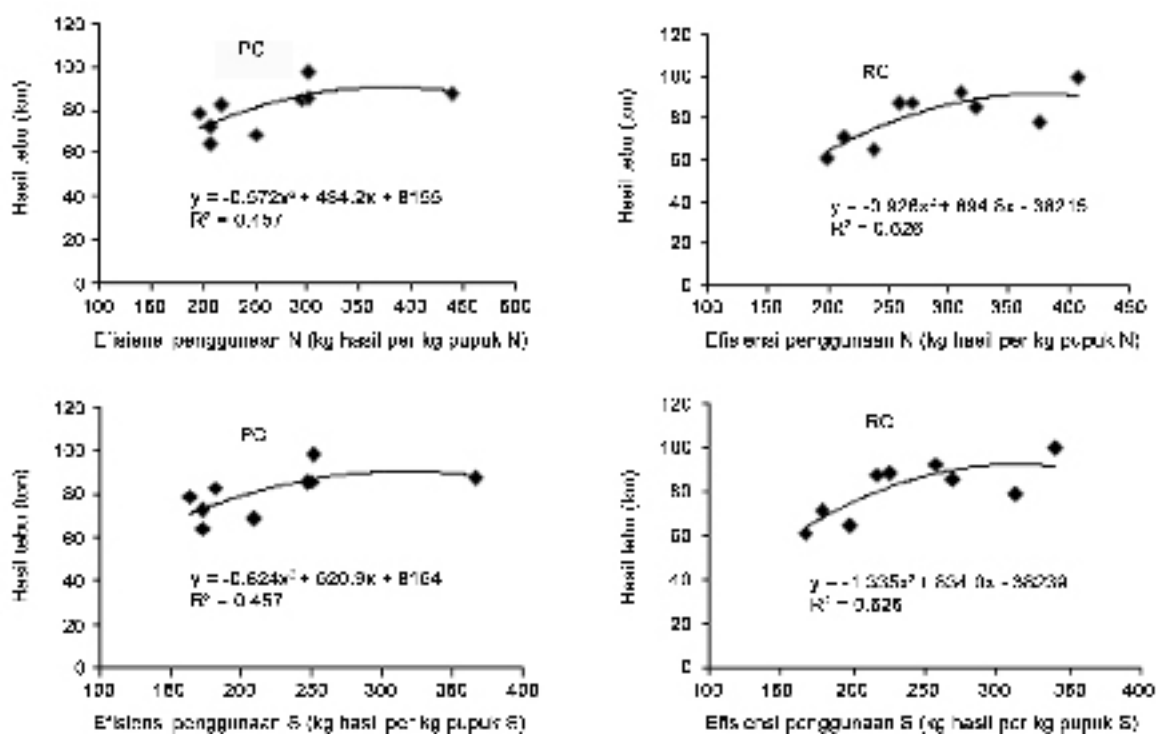
Perlakuan (dosis pupuk, kg ha ⁻¹)	Efisiensi penggunaan N		Efisiensi penggunaan S	
	[kg hasil tebu (kg pupuk N) ⁻¹]		[kg hasil tebu (kg pupuk S) ⁻¹]	
	PC	RC	PC	RC
P1: 500 amonium sulfat	206.63b	199.78d	172.19b	166.48c
P2: 700 amonium sulfat	295.43b	213.33cd	246.19ab	177.78c
P3: 900 amonium sulfat	216.85b	259.34bcd	180.71b	216.12bc
P4: 223 urea + 1,950 gypsum	438.63a	375.30d	365.53a	312.75a
P5: 312 urea + 730 gypsum	300.21ab	322.75ab	250.18ab	268.96ab
P6: 400 urea + 938 gypsum	300.70ab	270.29bcd	250.59ab	225.24bc
P7: 110 urea + 1,950 biokompos + 522 gypsum	251.13b	237.19bcd	209.28b	197.65bc
P8: 155 urea + 2,750 biokompos + 730 gypsum	206.21b	407.78a	171.84b	339.81a
P9: 250 urea + 3,550 biokompos + 938 gypsum	195.76b	309.14abc	163.13b	257.61ab
BNJ 5%	177.73	100.16	148.11	83.46

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf $\alpha = 5\%$

S adalah 288.8 kg. Perlakuan pupuk urea + biokompos + gypsum menghasilkan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N adalah 217.7 dan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk S adalah 181.4. Pupuk amonium sulfat memberikan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S yang lebih tinggi dibandingkan pupuk urea + biokompos + gypsum dengan kenaikan sebesar 10.1%. Akan tetapi, bila dibandingkan dengan pupuk urea + gypsum, pupuk amonium sulfat memberikan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S yang lebih rendah dengan penurunan sebesar 44.6%. Rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S pada tebu keprasan pada perlakuan yang menggunakan pupuk amonium sulfat berturut-turut adalah 224.1 dan 186.8. Perlakuan pupuk urea + gypsum menghasilkan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S berturut-turut adalah 322.8 dan 269, sedangkan pada perlakuan pupuk urea + biokompos + gypsum rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S berturut-turut adalah 318 dan 265. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanaman keprasan penggunaan pupuk substitusi memberikan rata-rata efisiensi penggunaan pupuk N dan S yang lebih tinggi dibandingkan pupuk amonium sulfat dengan kenaikan efisiensi sebesar 44% untuk perlakuan yang menggunakan urea + gypsum dan 42% untuk perlakuan yang menggunakan urea + biokompos + gypsum. Kisaran nilai rata-rata efisiensi penggunaan pupuk pada perlakuan menggunakan pupuk substitusi lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Roberts (2008) pada tanaman tebu dengan sistem budidaya konvensional menggunakan pupuk NPK lengkap sebesar 228 kg hasil tebu per kg pupuk. Rendahnya efisiensi penggunaan hara pada perlakuan amonium sulfat memperlihatkan bahwa kurangnya sinkronisasi antara kebutuhan hara tanaman dengan ketersediaan N tanah

(Dinnes *et al.*, 2002; Donner *et al.*, 2004). Aplikasi N yang tinggi dalam bentuk amonium dapat menurunkan efisiensi penggunaan hara karena residu N-amonium yang tidak diserap akan mengalami nitrifikasi membentuk NO_3^- yang mudah tercuci (Guillard dan Kopp, 2004; Nance *et al.*, 2007). Sementara sumber N tanaman yang berasal dari pupuk organik memberikan efek residu organik yang dapat melepaskan N hara secara bertahap (Zaller dan Kopke, 2004) sehingga meningkatkan ketersediaan N bagi tanaman berikutnya. Namun demikian jumlah N yang dilepaskan bergantung pada kualitas bahan organik yang diaplikasikan (Paul dan Solaiman, 2004).

Peningkatan efisiensi penggunaan pupuk ternyata juga diikuti oleh peningkatan hasil tebu yang diperoleh, namun efisiensi tertinggi tidak memberikan hasil yang maksimum (Gambar 2). Oleh karena itu efisiensi yang terbaik adalah efisiensi penggunaan pupuk yang memberikan hasil optimum. Menurut Dibb *et al.* (2003) dalam menentukan dosis pupuk yang terbaik harus mempertimbangkan efisiensi keberlanjutan artinya masukan hara yang dibutuhkan untuk mempertahankan sistem pada tingkat produktivitas optimum dan meminimalisasi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini berarti bahwa penggunaan dosis pupuk yang lebih rendah dengan kenaikan hasil yang tinggi adalah perlakuan yang memiliki efisiensi yang terbaik. Oleh karena itu perlakuan yang menggunakan urea + gypsum pada dosis N 100 kg ha⁻¹ dan dosis S 120 kg ha⁻¹ adalah pupuk yang terbaik untuk budidaya tanaman tebu pertama dan keprasan, walaupun tidak memberikan hasil tertinggi. Berdasarkan persamaan regresi pada Gambar 2, besarnya efisiensi penggunaan pupuk N yang memberikan hasil optimum pada tebu pertama adalah 379.5 dan pada tebu keprasan sebesar



Gambar 2. Hubungan antara efisiensi penggunaan pupuk N dan S dengan hasil tebu pada tanaman tebu pertama (PC) dan keprasan (RC)

375.6. Sementara besarnya efisiensi penggunaan pupuk S yang memberikan hasil optimum pada tebu pertama adalah 316.1 dan pada tebu keprasan sebesar 367.9. Kisaran hasil tebu pada efisiensi penggunaan pupuk N dan S yang terbaik adalah 87,897-92,116 kg ha⁻¹. Snyder (2008) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk pada dosis yang tepat untuk menciptakan keseimbangan hara yang baik dalam tanah akan mengoptimalkan hasil tanaman dan perlindungan terhadap lingkungan. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan kehilangan hara pada lingkungan, mengurangi produksi dan meningkatkan biaya produksi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi pupuk amonium sulfat dengan sumber pupuk N dan S yang lain memberikan hasil tebu, rendemen dan hasil gula yang lebih baik dibandingkan dengan pupuk amonium sulfat. Berdasarkan kenaikan hasil tebu dan efisiensi penggunaan hara, penggunaan pupuk urea + gypsum pada dosis 100 kg N ha⁻¹ + 120 kg S ha⁻¹ adalah pupuk pengganti amonium sulfat yang terbaik untuk tanaman tebu pertama. Akan tetapi, berdasarkan hasil gula, penggunaan urea + biokompos + gypsum pada dosis 140 kg N ha⁻¹ + 168 kg S ha⁻¹ adalah yang terbaik. Berdasarkan hasil tebu dan gula serta efisiensi penggunaan hara pada tanaman keprasan, penggunaan urea + biokompos + gypsum pada dosis 140 kg N ha⁻¹ + 168 kg S ha⁻¹ adalah yang terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DIPA-PT Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas dukungan dana melalui skim penelitian hibah bersaing (PHB) tahun anggaran 2010-2011 dan Program Studi Agroteknologi, Universitas Islam Malang atas fasilitas yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, S., Purnomo. 2010. Kajian penggunaan pupuk organik "Biokompos" terhadap pertumbuhan dan produksi tebu. www.deptan.go.id [5 Januari 2012].
- Balkcom, K.S., A.M. Blackmer, D.J. Hansen, T.F. Morris, A.P. Mallarino. 2003. Surface water quality: Testing soils and cornstalks to evaluate nitrogen management on the watershed scale. *J. Environ. Qual.* 32:1015-1024.
- Bokhtiar S.M., K. Sakurai. 2007. Effects of integrated nutrient management on plant crop and successive first and second ratoon crops of sugarcane in Bangladesh. *J. Plant Nutr.* 30:135-147.
- Chen, L., W.A. Dick. 2011. Gypsum as an Agricultural Amendment: General Use Guidelines. The Ohio State University, Ohio.
- Chien-Sen, H., G.M. Mercedes, C.J. Dean. 2008. The effect of different ammonical nitrogen sources on soil acidification. *Soil Sci.* 173:544-551.
- Dibb, D.W., P.E. Fixen, M.D. Stauffer. 2003. Fertilizer use efficiency: the North American experience. *Better Crops* 87:1-3.
- Dinnes, D.L., D.L. Karlen, D.B. Jaynes, T.C. Kaspar, J.L. Hatfield, T.S. Colvin, C.A. Cambardella. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agron. J.* 94:153-171.
- Donner, S.D., C.J. Kucharik, J.A. Foley. 2004. Impact of changing land use practices on nitrate export by the Mississippi River. *Global Biochem. Cycles* 18:1-21.
- Favaretto, N., L.D. Norton, S.M. Brouder, B.C. Joern. 2008. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium effects on plant nutrition under conditions of intensive nutrient extraction. *Soil Sci.* 173:108-118.
- Guillard, K., K.L. Kopp. 2004. Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf. *J. Environ. Qual.* 33:1822-1827.
- Guntoro, D., Purwono, Sarwono. 2003. Pengaruh pemberian kompos bagase terhadap serapan hara dan pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Bul. Agron.* 31:112-119.
- Hartemink, A.E. 1998a. Acidification and pH buffering capacity of alluvial soils under sugarcane. *Exp. Agric.* 34:231-243.
- Hartemink, A.E. 1998b. Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugarcane in Papua New Guinea. *Geoderma* 85:283-306.
- Ismail, I., A. Yogasara, S. Simoen, M. Mulyadi. 1998. Pemanfaatan blotong dan substitusi AS-Urea di Kebun Cidangdeur, PG Subang. *Majalah Penelitian Gula* 36:23-35.
- Ismail, I., Simoen, S. 1999. Penggunaan sumber-sumber hara alternatif pada tebu. *Majalah Penelitian Gula* 35:1-14.

- Jayaram, S., K. Thanunathan, A. Jeyabal, M. Thiruppathi. 2010. Influence of sulphur on sugarcane yield, economics and post harvest soil sulphur status under sandy loam soil condition. *Plant Arch.* 10:773-775.
- Kumar, K., C.J. Rosen, S.C. Gupta, M. McNearney. 2009. Land application of sugar beet by-product: effects on nitrogen mineralization and crop yields. *J. Environ. Qual.* 38:319-328.
- Lestari, H. 1993. Penerapan sistem diagnosis dan rekomendasi terpadu untuk tanaman tebu lahan kering di bawah tipe agroklimat D3. *Majalah Penelitian Gula* 29:1-20.
- Nance, C.D., L.R. Gibson, D.L. Karlen. 2007. Soil profile nitrate response to nitrogen fertilization of winter triticale soil. *Sci. Soc. Am. J.* 71:1343-1351.
- Paul, G.C., A.R.M. Solaiman. 2004. Changes of microbial biomass Carbon and Nitrogen in upland sugarcane soil amended with different organic materials. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35:2433-2447.
- Purwono, S. Sudiatso, D. Guntoro. 1997. Uji hasil keprasan beberapa varietas tebu lahan kering pada daerah beriklim basah. *Bul. Agron.* 25:8-12.
- Roberts, T.L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turk. J. Agric. For.* 32:177-182.
- Singh, K.P., A. Suman, P.N. Singh, T.K. Srivastava. 2007. Improving quality of sugarcane-growing soils by organik amendments under subtropical climatic conditions of India. *Biol. Fertil. Soils* 44:367-376.
- Singh, V.K., A.K. Shukla, M.S. Gill, S.K. Sharm, K.N. Tiwari. 2008. Improving sugarcane productivity through balanced nutrition with potassium, sulphur, and magnesium. *Better Crops India* 24:12-14.
- Snyder, C.S. 2008. Fertilizer nitrogen BMPs to limit losses that contribute to global warming. www.ipni.net [12 Februari 2012].
- Snyder, C.S., T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient use efficiency and effectiveness in North America: Indices of agronomic and environmental benefit. <http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/> [12 Pebruari 2012].
- Zaller, J.G., U. Kopke. 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term experiment. *Biol. Fertil. Soils* 40:222-229.