

Pengaruh Kapur Terhadap Transformasi Sulfur-Sulfat pada Oxic Dystrudepts dan Kaitannya dengan Hasil Kacang Tanah

Effects of Lime to Sulfur-Sulfate Transformation on Oxic Dystrudepts and its Relationship to Peanut Production

I G. PUTU WIGENA¹, A. RACHIM², D. SANTOSO¹, DAN A. SALEH¹

ABSTRAK

Serangkaian penelitian laboratorium dan lapang telah dilakukan untuk mempelajari Interaksi antara kapur dan sulfur. Penelitian transformasi sulfur-sulfat menggunakan tanah Oxic Dystrudepts, Jambi dilakukan di laboratorium dari bulan Juni - September 1999, menguji tiga taraf sulfur (0; 5; dan 10 ppm S larutan tanah) dikombinasikan dengan dua taraf kapur (0 dan 1,0 Al-dd). Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap, diulang tiga kali. Percobaan lapang dilakukan dari bulan Oktober 1999 - Juni 2000, menguji empat taraf sulfur (0; 2,5; 5,0; dan 7,5 ppm S larutan tanah) dikombinasikan dengan empat taraf fosfor (0; 0,01; 0,02; dan 0,03 ppm P larutan tanah), dan tiga taraf kapur (0; 0,5; dan 1,0 Al-dd). Percobaan disusun berdasarkan rancangan petak terpisah diulang tiga kali. Kapur sebagai petak utama dan kombinasi tidak lengkap sulfur dan fosfor sebagai anak petak. Perlakuan kombinasi tidak lengkap sulfur dan fosfor direduksi berdasarkan konsep penyederhanaan Hauser. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian sulfur sampai 5 ppm S larutan tanah meningkatkan transformasi sulfur hampir sama dengan pemberian kapur 1,0 Al-dd. Pada tanah lapisan atas dengan kadar S rendah, pemberian kapur meningkatkan transformasi sulfur hampir dua kali, yaitu dari 70 ppm menjadi sekitar 135 ppm S-SO₄²⁻. Sedangkan pada tanah lapisan bawah dengan kadar S lebih tinggi, peningkatan transformasi sulfur hampir 1,5 kali, yaitu dari 120 ppm menjadi sekitar 160 ppm S-SO₄²⁻. Percobaan lapang menunjukkan bahwa pemberian kapur meningkatkan hasil biji kering kacang tanah secara nyata dari 864 menjadi 1.058 kg/ha. Kualitas biji kacang tanah juga meningkat dengan kapur, yang tercermin dari meningkatnya kadar asam amino (metionin, cistin, dan cystein) secara nyata. Peningkatan ketiga asam amino tersebut masing-masing dari 0,56 menjadi 0,75 ppm; 0,58 menjadi 0,70 ppm; dan 0,39 menjadi 0,54 ppm. Pemberian sulfur meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah. Hasil polong dan biji kering tertinggi diperoleh pada pemberian kapur 1,0 Al-dd dan 7,5 ppm S larutan tanah, masing-masing 2.107 dan 1.320 kg/ha. Kualitas biji kacang tanah juga meningkat dengan pemberian sulfur, yang terlihat dari meningkatnya kadar metionin, cistin, dan cystein secara nyata. Peningkatan kadar ketiga asam amino tersebut, tertinggi diperoleh pada kombinasi pemberian kapur 1,0 Al-dd dan 7,5 ppm S larutan tanah yaitu dari 0,60 menjadi 0,88 ppm; 0,61 menjadi 0,80 ppm; dan dari 0,48 menjadi 0,62 ppm.

ABSTRACT

A series of laboratory and field experiments were carried out to study the interaction between lime and sulfur. The laboratory experiment was carried out from June to September 1999 to study sulfur-sulfate transformation using an Oxic

Dystrudepts from Jambi Province. The experiment tested 3 levels of sulfur (0; 5; and 10 ppm S in soil solution) combined with 2 levels of lime (0 and 1.0 times of exchangeable Al). The experiment was arranged in a randomized complete block design with 3 replicates. The field experiment was done from October 1999 to June of 2000, tested 4 levels of sulfur (0; 2.5; 5.0; and 7.5 ppm S in soil solution) combined with 4 levels of phosphorus (0; 0.01; 0.02; and 0.03 ppm P in soil solution), and 3 levels of lime (0; 0.5; and 1.0 times of exchangeable aluminum). The experiment was arranged in a split plot design with 3 replicates. Lime treatments were used as the main plots and incomplete combinations of sulfur and phosphorus as the sub plots. The incomplete sulfur and phosphorus treatment combination were arranged based on the Hauser's simplified concept. Results of the experiments showed that application of sulfur at a rate of 5 ppm S in soil solution increased sulfur transformation almost similar with application of lime at 1.0 time of exchangeable-Al equivalent. At the topsoil layer with low S content, lime application increased sulfur transformation almost 2 folds, namely from 70 to 135 ppm S-SO₄²⁻. While at the subsoil layer with higher content of sulfur, the increases of sulfur transformation was almost 1.5 folds, namely from 120 to 160 ppm S-SO₄²⁻. The field experiment showed that lime increased peanut seed significantly, from 864 to 1058 kg ha⁻¹. Liming also increased seed quality, which can be seen from the significant increase of amino acids contents of peanut seed, namely methionine, cistine, and cystein. The increases of amino acid contents were 0.56 to 0.75 ppm for methionine, 0.58 to 0.70 for cistine, and 0.39 to 0.54 ppm for cysteine. Sulfur application increased dry pod and seed of peanut. The highest yields of dry pod and seed were 2107 and 1320 kg ha⁻¹, respectively, which were achieved at the lime treatment of 1.0 time exchangeable Al combined with 7.5 ppm S in soil solution. Sulfur application also increased seed quality of peanut, which can be seen from the significant increase of amino acid contents: methionine, cistine, and cysteine. Similar with dry pod and seed yields, the highest increase in amino acid contents of peanut seed was also achieved at the lime treatment at 1.0 time of exchangeable-Al equivalent combined with 7.5 ppm S in soil solution. The increases of amino acid content were 0.60 to 0.88 ppm for methionine, 0.61 to 0.80 ppm for cistine, and 0.48 to 0.62 ppm for cystein.

Keywords : Oxic Dystrudepts, Sulfur transformation, Lime, Amino acids content, Peanut, Jambi.

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor

² Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini perhatian pemerintah Indonesia terhadap pemanfaatan lahan kering sebagai salah satu sentra produksi pangan meningkat dengan tajam. Hal ini sangat berkaitan dengan permasalahan yang dihadapi pada lahan sentra produksi pangan, terutama di Jawa, berupa penyempitan lahan pertanian karena persaingan penggunaan lahan dengan sektor industri dan perumahan, serta tingkat produksi yang sudah mencapai *leveling-off* (pelandaian). Kondisi ini menyebabkan menurunnya areal panen dan produksi pangan nasional.

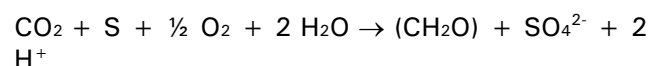
Sesuai dengan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan lahan kering untuk pertanian, peningkatan produktivitas lahan kering dilakukan dengan pemberian kapur dan fosfat. Usaha ini mampu meningkatkan produktivitas lahan kering yang tercermin dari meningkatnya hasil tanaman pangan. Seperti dilaporkan oleh Arya *et al.* (1992), bahwa pemberian kapur sebanyak 3 ton/ha pada tanah Ultisols Sitiung, Sumatera Barat mampu meningkatkan hasil jagung dari 1,5 menjadi 5,0 ton/ha. Sedangkan pemberian P₂O₅ sebanyak 60 kg/ha pada tanah kering masam di India, bisa meningkatkan hasil kedelai setinggi 210% dibandingkan dengan kontrol (Dev, 1996).

Penggunaan kapur dan fosfat secara intensif pada lahan kering menyebabkan menurunnya kemampuan tanah dalam menyediakan sulfur. Ini terjadi, karena kapur meningkatkan pH tanah yang berakibat menurunnya muatan positif dan pengendapan ion Al (Bohn *et al.*, 1986). Implikasi dari kondisi ini adalah terkurasnya sulfur dari jerapan permukaan liat, masuk ke larutan tanah, kemudian hilang terbawa erosi dan aliran permukaan. Penelitian laboratorium menggunakan tanah kering masam *Red Earth*, Australia menunjukkan bahwa pengapuran sampai 1,5 Al-dd meningkatkan pencucian sulfat pada kompleks pertukaran liat dari 77 menjadi 109 µg/g tanah (Santoso, 1989). Sedangkan penurunan kemampuan tanah dalam menyediakan sulfat,

akibat pemberian fosfat, terjadi karena persaingan antara anion sulfat dan fosfat untuk berikatan dengan permukaan jerapan liat. Dalam kasus ini, anion fosfat memiliki afinitas (kemampuan untuk berikatan dengan liat) lebih besar dari sulfat, sehingga sulfat lebih banyak yang terkuras dari permukaan jerapan liat. Mekanisme ini menyebabkan semakin meluasnya gejala kekurangan sulfur pada areal pertanian yang diolah secara intensif.

Faktor lainnya yang mendorong kekurangan sulfur, adalah (1) penggunaan pupuk yang tidak mengandung sulfur, (2) rendahnya kadar sulfur pada tanah kering masam, (3) tidak adanya pengembalian sisa panen, (4) rendahnya kontribusi sulfur dari udara dan air hujan, dan (5) semakin banyaknya sulfur terangkut melalui hasil panen merupakan faktor-faktor yang menyebabkan semakin luasnya areal pertanian yang kekurangan sulfur (Gupta dan Dubey, 1998). Seperti dilaporkan oleh Santoso *et al.* (1989), bahwa tanah-tanah di Kalimantan, Sumatera, dan Irian Jaya menunjukkan defisiensi sulfur dengan kisaran nilai sulfur tersedia antara 0,8-3,0 ppm.

Tanaman menyerap sulfur dalam bentuk SO₄²⁻ sebagian besar melalui mekanisme *mass flow* dan hanya sebagian kecil saja melalui intersepsi akar (Tisdale *et al.*, 1990). Oleh karena itu, pupuk sulfur yang diberikan ke dalam tanah tidak bisa diserap langsung tanaman, tetapi mengalami perubahan (transformasi) menjadi sulfat (SO₄²⁻) kemudian diserap oleh tanaman. Tepung belerang, merupakan salah satu sumber pupuk belerang, jika dimasukkan ke dalam tanah akan mengalami transformasi menjadi sulfat melalui proses oksidasi. Oksidasi ini sebagian besar merupakan reaksi oksidasi biologi, dilakukan oleh mikroorganisme jenis bakteri *Thiobacilli* sp. yang bersifat *chemolithotropic*. Bakteri ini mampu memanfaatkan energi yang terlepas dari oksidasi sulfur anorganik untuk memfiksasi CO₂ menjadi bahan organik dengan reaksi sebagai berikut (Tisdale *et al.*, 1990) :



Lebih jauh dilaporkan bahwa kecepatan oksidasi tepung belerang ini tergantung dari: (1) populasi mikroba pengoksidasi, (2) karakteristik dari pupuk sumber belerang, dan (3) kondisi lingkungan dimana oksidasi berlangsung seperti: suhu, kelembapan, pH, dan sifat-sifat tanah. Ukuran partikel merupakan satu karakter terpenting dari pupuk sumber belerang, dimana semakin halus ukuran partikel belerang semakin cepat oksidasi berlangsung. Sebagai ilustrasi, oksidasi tepung belerang dengan ukuran halus (80-100 mesh), dalam waktu 30 hari sebanyak 58% sudah teroksidasi, sedangkan dengan ukuran kasar (30-50 mesh) pada periode yang sama hanya 5% saja tepung belerang yang teroksidasi. Khusus untuk pH, Kamprath dan Foth (1997) melaporkan bahwa pada tanah kering masam, peningkatan pH tanah dari 4,0 menjadi 5,0 meningkatkan produksi SO_4^{2-} sampai tiga kali lipat. Sedangkan mengenai pengaruh suhu dan kelembapan tanah, Attoe dan Alson (1966) menyatakan bahwa oksidasi sulfur berlangsung optimum pada suhu tanah 40-75° F dan tegangan air tanah 0,5 atmosfer.

Memperhatikan peranan sulfur pada metabolisme tanaman, kecenderungan semakin meluasnya areal pertanian yang kekurangan sulfur, dan dinamika sulfur di dalam tanah, maka dilakukan penelitian transformasi sulfur sebagai tepung belerang dalam kaitannya dengan hasil kacang tanah pada tanah kering masam. Informasi kecepatan dan pola transformasi tepung belerang menjadi sulfat dan peningkatan produksi kacang tanah akibat pemberian tepung belerang merupakan tujuan dari penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dalam dua tahapan, yaitu penelitian laboratorium yang dilakukan pada bulan Juni-September 1999 dan penelitian lapang selama satu musim tanam dari bulan Oktober 1999 - Juni 2000. Penelitian dilakukan pada tanah Oxic Dystrudepts, Desa Tanah Abang, Kecamatan Pamenang, Kabupaten Merangin, Jambi. Analisis

kimia tanah sebelum percobaan menunjukkan status kesuburan tanah rendah. Hal ini tercermin dari reaksi tanah masam (pH 4,4), kadar bahan organik, fosfat, kalium, magnesium, sulfur tersedia, dan KTK rendah dengan nilai berturut-turut sebanyak 2,26%; 2,33 mg/100 g; 0,68 mg/100 g; 0,25 cmol/kg; 1,13 ppm, dan 9,20 cmol/kg. Sementara kadar besi dan aluminium serta kejenuhan aluminium tinggi dengan nilai berturut-turut sebanyak 2,48; 1,08; dan 46% (Tabel 1).

Tabel Sifat kimia tanah Oxic Dystrudepts pada kedalaman 0-20 dan 20-40 cm

1. *Table Chemical properties of Oxic Dystrudepts at 0-20 cm and 20-40 cm depth*

Sifat-sifat tanah	0-20 cm	20-40 cm
pH (1:2,5)		
H ₂ O	4,40	4,36
KCl	3,80	3,70
Tekstur		
Pasir (%)	4	5
Debu (%)	12	10
Liat (%)	84	85
Bahan organik		
C-organik (%)	2,26	0,16
N-total (%)	0,20	0,06
C/N	12	9
Metode HCl 25%		
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	2,33	1,69
K ₂ O (mg/100 g)	0,68	0,38
Metode Bray 1		
P ₂ O ₅ (ppm)	8,02	4,01
Basa-basa dapat ditukar		
Ca (cmol/kg)	1,15	1,10
Mg (cmol/kg)	0,25	0,23
K (cmol/kg)	0,19	0,08
Na (cmol/kg)	tr*	Tr
Kapasitas tukar kation (cmol/kg)	9,20	8,76
Unsur-unsur lain		
Fe-dithionit (%)	2,48	2,68
Fe-firofosfat (%)	0,26	0,17
Fe-oksalat (%)	0,33	0,39
Al-dithionit (%)	1,08	1,10
Al-firofosfat (%)	0,74	0,69
Al-oksalat (%)	3,13	1,03
S-total (ppm)	112,10	120,07
S-tersedia (Morgan, ppm)	1,13	22,80
M-total (ppm)	149	165
Kejenuhan Al (%)	46	48

* tr = trace/tak terukur

Percobaan laboratorium bertujuan untuk mengetahui transformasi sulfur menjadi sulfat, dilakukan dengan cara menginkubasi tanah dengan tiga taraf takaran sulfur (0; 5 dan 10 ppm S dalam larutan tanah), kombinasi dua taraf takaran kapur (0 dan 1,0 Al-dd) dan kadar air dipertahankan pada kapasitas lapang. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap, diulang tiga kali, sehingga total unit percobaan 18. Untuk mengetahui laju transformasi dilakukan pengamatan sulfat (SO_4^{2-}) setiap minggu menggunakan pengekstrak $Ca(H_2PO_4)_2$.

Percobaan lapang merupakan kelanjutan dari percobaan laboratorium, dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketersediaan sulfat akibat pemberian kapur terhadap hasil kacang tanah. Penelitian menggunakan empat takaran sulfur, empat takaran fosfat, dan tiga takaran kapur. Takaran sulfur yang diuji adalah 0(S0); 2,5(S1); 5,0(S2); dan 7,5(S3) ppm S dalam larutan tanah atau setara dengan 0; 50; 100; dan 150 kg sulfur/ha. Takaran fosfat yang diuji adalah 0(PO); 0,01(P1) 0,02(P2); dan 0,03(P3) ppm P dalam larutan tanah atau setara dengan 0; 50; 100 dan 150 kg P/ha. Sedangkan takaran kapur adalah 0; 0,5; dan 1,0 Al-dd atau setara dengan 0; 850; dan 1.700 kg $CaCO_3$ /ha. Percobaan disusun secara faktorial berdasarkan rancangan lingkungan petak terpisah. Kapur sebagai petak utama dan kombinasi sulfur dengan fosfat sebagai anak petak, diulang tiga kali. Kombinasi perlakuan sulfur dan fosfat direduksi berdasarkan konsep penyederhanaan Hauser (1970), sehingga tinggal 10 perlakuan (Tabel 2).

Kacang tanah varietas Gajah sebagai tanaman indikator ditanam dengan jarak tanam 40 cm x 15 cm, pada petakan berukuran 5 m x 4 m, tiga biji/lubang. Dua minggu sebelum tanam, disebar pupuk fosfat berupa P-alam *Christmas*, disusul tiga hari berikutnya penyebaran kapur berupa $CaCO_3$, kemudian penyebaran sulfur berupa tepung belerang tujuh hari setelah penyebaran kapur. Selain kontrol, semua perlakuan memperoleh pupuk dasar berupa 25 kg N (urea) dan 50 kg K/ha

(KCl), diberikan sekali pada saat tanam. Selama per-cobaan dilakukan pengamatan terhadap perubahan sifat-sifat kimia tanah, hasil dan kualitas biji kacang tanah.

Tabel Kombinasi pupuk S dan P pada perlakuan kapur 0; 0,5; dan 1,0 Al-dd yang diuji pada percobaan lapang

2.
Table Combination of S and P fertilizers on lime treatments of 0; 0.5; and 1.0 extractable Al at field experiment

Sandi perlakuan	Takaran	
	Sulfat	Fosfat
	ppm larutan tanah	
Kontrol	0	0
SOP0 (Tanpa S dan P)	0	0
SOP2	0	0,02
S1P2	2,5	0,02
S2P2	5,0	0,02
S3P2	7,5	0,02
S2P0	5,0	0
S1P2	5,0	0,01
S2P3	5,0	0,03
S3P3	7,5	0,03

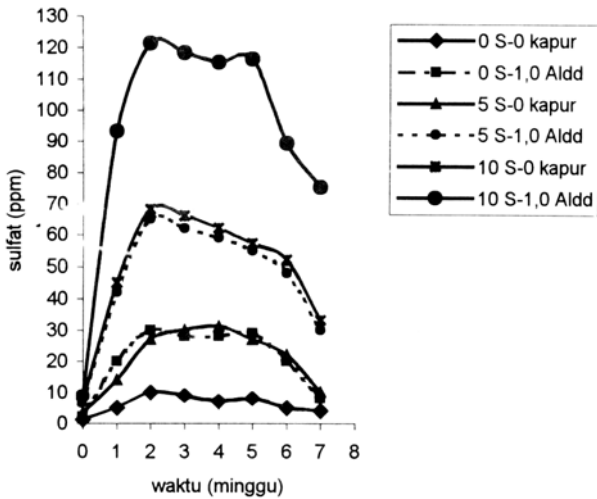
HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi sulfur

Percobaan transformasi sulfur menjadi sulfat dilakukan setiap minggu selama tujuh minggu dengan mengamati jumlah sulfat (SO_4^{2-}) pada larutan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kapur sampai 1,0 Al-dd dan peningkatan takaran pupuk sulfur meningkatkan transformasi sulfur menjadi sulfat, baik pada lapisan atas (0-20 cm) maupun lapisan bawah (20-40 cm) (Gambar 1 dan 2).

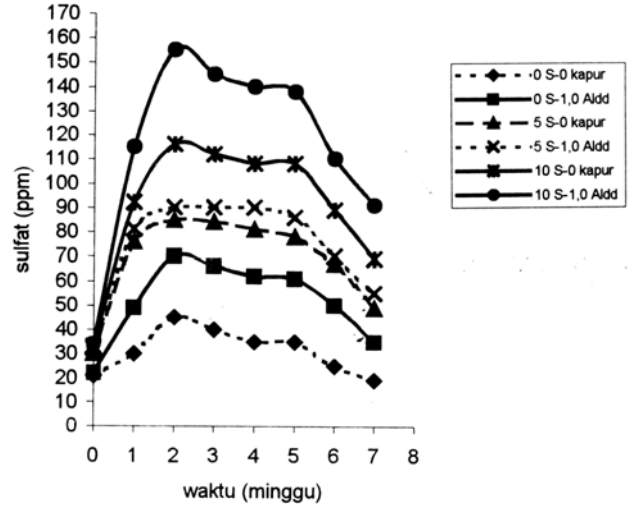
Pada tanah lapisan atas, tanpa kapur dan pupuk sulfur, jumlah sulfat meningkat sampai 10 ppm pada minggu kedua sampai kelima. Pada minggu keenam dan ketujuh, jumlah sulfat menurun menjadi sekitar 5 ppm. Pemberian sulfur

sampai 5 ppm S dalam larutan tanah meningkatkan transformasi sulfur hampir sama dengan pengapuran 1,0 Al-dd. Pada minggu kedua sampai kelima, perlakuan ini menunjukkan sulfat sebanyak 35 ppm, kemudian minggu keenam dan ketujuh menurun menjadi sekitar 5 ppm. Pemberian sulfur sampai 10 ppm S dalam larutan tanah juga menunjukkan transformasi sulfur yang hampir sama dengan pengapuran 1,0 Al-dd dan 5 ppm S dalam larutan tanah. Pada minggu kedua, perlakuan ini menunjukkan jumlah sulfat 70 ppm, menurun lambat sampai minggu ketujuh dengan jumlah sulfat sekitar 30 ppm. Pemberian kapur 1,0 Al-dd dan 10 ppm S dalam larutan tanah menunjukkan transformasi sulfur tertinggi. Pada minggu kedua, jumlah sulfat 120 ppm, tetap sampai minggu kelima, kemudian menurun mulai minggu keenam dan ketujuh dengan jumlah sulfat sekitar 80 ppm. Secara garis besar, pemberian kapur mampu meningkatkan transformasi sulfur dua kali lipat.



Gambar Transformasi sulfur pada lapisan tanah atas Oxic Dystrudepts

1.
Figure Transformation of sulfur on topsoil of Oxic Dystrudepts



Gambar Transformasi sulfur pada tanah lapisan bawah Oxic Dystrudepts

2.
Figure Transformation of sulfur on subsoil of Oxic Dystrudepts

Transformasi sulfur pada tanah lapisan bawah menunjukkan kecenderungan yang sama dengan tanah lapisan atas, hanya saja transformasi pada lapisan ini lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan kadar sulfur tanah lapisan bawah yang lebih tinggi daripada lapisan di atasnya. Tanpa sulfur dan kapur, sulfat tertinggi dicapai pada minggu kedua sebanyak 40 ppm, menurun lambat sampai minggu kelima sekitar 30 ppm, dan pada minggu ketujuh menjadi 20 ppm. Pemberian sulfur sampai 5 ppm dalam larutan tanah menunjukkan banyaknya sulfat sama dengan pemberian kapur 1,0 Al-dd. Pada minggu kedua, jumlah sulfat 70 ppm, relatif tetap sampai minggu kelima, menurun tajam sampai minggu ketujuh dengan jumlah sulfat sekitar 40 ppm. Pemberian sulfur 5 ppm dalam larutan tanah dan kapur 1,0 Al-dd menyebabkan transformasi sulfur lebih rendah dari perlakuan 10 ppm S dalam larutan tanah. Pada perlakuan ini, jumlah sulfat dari minggu kedua sampai kelima 90 ppm, kemudian menurun sampai minggu ketujuh menjadi 60 ppm. Sedangkan perlakuan 10 ppm S dalam larutan tanah menunjukkan jumlah sulfat pada minggu kedua 120 ppm, menurun lambat

sampai minggu kelima sekitar 110 ppm, menurun tajam sampai minggu ketujuh dengan jumlah sulfat sekitar 80 ppm. Sementara itu, pemberian 10 ppm S dan kapur 1,0 Al-dd dalam larutan tanah menunjukkan jumlah sulfat 160 ppm pada minggu kedua, menurun lambat sampai minggu kelima dengan jumlah sulfat 140 ppm, turun tajam sampai minggu ketujuh dengan jumlah sulfat sekitar 95 ppm. Secara garis besar pemberian kapur pada tanah lapisan bawah meningkatkan transformasi sulfat sekitar 1,5 kali.

Pemberian kapur meningkatkan sulfat pada tanah lapisan atas maupun lapisan bawah disebabkan oleh peningkatan pH tanah yang berakibat meningkatnya aktivitas mikroorganisme pengoksidasi sulfur. Kamprath dan Foth (1997) melaporkan bahwa peningkatan pH tanah masam dari 4,0 menjadi 5,0 mampu meningkatkan jumlah sulfat sampai tiga kali lipat. Sulfat ini berasal dari S yang ditambahkan dan mineralisasi S-organik yang terdapat di dalam tanah. Sedangkan Weir (1975) menyatakan bahwa pemberian kapur meningkatkan oksidasi S-elemen (tepung belerang) di dalam tanah, karena peningkatan pH tanah atau terjadinya penurunan aluminium, besi dan magnesium terlarut merangsang peningkatan aktivitas mikroorganisme pengoksidasi sulfur.

Peningkatan takaran sulfur juga meningkatkan transformasi sulfur menjadi sulfat. Ini berkaitan dengan peningkatan populasi pengoksidasi sulfur, sehingga kapasitasnya dalam mengoksidasi sulfur juga meningkat. Pada tanah kering masam di daerah tropis, dengan kondisi suhu dan kelembapan yang relatif tinggi dan cocok untuk kebutuhan mikro-organisme pengoksidasi sulfur, maka kapasitas mengoksidasi sulfur meningkat nyata, yang berakibat meningkatnya sulfat secara nyata pula (Tisdale *et al.*, 1990).

Transformasi sulfur di dalam tanah lokasi penelitian menunjukkan pola yang cepat pada tahap awal, relatif konstan pada tahap pertengahan, dan lambat pada tahap akhir. Hasil serupa juga diperoleh oleh Blair *et al.* (1994) yang

melaporkan bahwa ada empat pola transformasi sulfur menjadi sulfat yaitu:

1. Transformasi lambat pada tahap awal, diikuti oleh transformasi cepat pada tahap berikutnya.
2. Transformasi relatif konstan pada semua tahap.
3. Transformasi cepat pada tahap awal, diikuti transformasi agak lambat pada tahap pertengahan, kemudian transformasi lambat di tahap akhir.
4. Transformasi sulfur yang menurun terus dari waktu ke waktu selama periode transformasi.

Terjadinya pola transformasi sulfur yang cepat pada tahap awal, agak lambat pada tahap pertengahan, dan lambat pada akhir periode, mungkin berkaitan dengan semakin berkurangnya jumlah sulfur yang dioksidasi. Penurunan jumlah sulfur sebagai sumber energi mikroorganisme pengoksidasi sulfur akan menurunkan populasi dan sekaligus kapasitas mikroorganisme dalam mentransformasi sulfur menjadi sulfat. Penelitian serupa yang menggunakan tanah bertekstur lempung berpasir di New Zealand menunjukkan pola transformasi mirip dengan hasil penelitian ini. Tanah diinkubasi dengan 10 g tepung belerang/kg tanah dengan ukuran partikel 75-125 μm . Pada hari ke 60 sebanyak 94% sulfur sudah teroksidasi, sedangkan dengan ukuran partikel yang lebih kasar (125-150 μm) pada periode yang sama sulfur teroksidasi sekitar 80% (Ghani *et al.*, 1997).

Hasil kacang tanah

Percobaan laboratorium ditindaklanjuti dengan percobaan lapang untuk mengetahui pengaruh kapur terhadap penyediaan sulfat dan hasil kacang tanah selama 1 musim tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kapur 0,5 Al-dd tidak nyata meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah, dan pemberian kapur sampai 1,0 Al-dd tidak nyata meningkatkan polong kering, tetapi nyata meningkatkan biji kering kacang tanah (Tabel 3).

Tabel Pengaruh kapur dan sulfur terhadap berat polong dan biji kering kacang tanah pada Oxic Dystrudepts di Tanah Abang, Jambi

3.
 Table Effect of lime and sulfur on weight of pod and dry peanut seed on Oxic Dystrudepts at Tanah Abang, Jambi

Sandi perlakuan	Polong kering			Biji kering		
	0	0,5 Al-dd	1,0 Al-dd	0	0,5 Al-dd	1,0 Al-dd
	kg/ha					
Kontrol	582 d*	573 e	564 e	205 e	240 e	225 e
SOP0	756 c	918 d	1.375 d	310 d	380 d	620 d
SOP2	1.359 b	1.423 c	1.614 c	600 c	710 c	820 c
S1P2	1.474 b	1.668 b	1.873 b	720 b	825 b	870 c
S2P2	1.885 a	1.878 a	2.142 a	1.060 a	1.175 a	1.220 b
S3P2	1.847 a	1.930 a	2.107 a	1.075 a	1.120 a	1.320 a
Petak utama	1.641 A**	1.725 A	1.934 A	864 B	958 AB	1.058 A

* Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT.

** Angka pada baris yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT.

Pada perlakuan tanpa dan pemberian kapur 0,5 Al-dd, pemberian 7,5 ppm sulfur tidak nyata meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah dibandingkan dengan pemberian 5,0 ppm sulfur dalam larutan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kapur 0,5 Al-dd, tidak perlu diberi sulfur sampai 7,5 ppm S dalam larutan tanah (S3P2), melainkan cukup sampai 5 ppm S dalam larutan tanah (S2P2). Hasil polong kering tertinggi diperoleh pada perlakuan S2P2, masing-masing 1.885 kg/ha tanpa kapur dan 1.878 kg/ha dengan kapur 0,5 Al-dd. Sedangkan hasil biji kering pada kedua perlakuan tersebut masing-masing 1.060 dan 1.175 kg/ha. Pada perlakuan kapur 1,0 Al-dd, pemberian sulfur 7,5 ppm S dalam larutan tanah (S3P2) nyata meningkatkan biji kering kacang tanah dibandingkan dengan pemberian sulfur 5 ppm S dalam larutan tanah (S2P2), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap polong kering kacang tanah.

Pemberian kapur 1,0 Al-dd meningkatkan hasil polong dan biji kering kacang tanah sangat berkaitan dengan peranan kapur dalam memperbaiki sifat-sifat tanah. Perbaikan sifat-sifat tanah

tersebut antara lain meningkatkan pH, kejenuhan basa, Ca, ketersediaan S dan P, serta menurunkan kejenuhan aluminium. Hasil analisis tanah setelah panen menunjukkan peningkatan pH dari 4,52 menjadi 5,08; kadar Ca dari 1,93 menjadi 4,90 me/100g; S dan P-tersedia masing-masing dari 20,36 menjadi 27,34 ppm dan dari 2,90 menjadi 3,12 ppm; kejenuhan basa dari 25,40 menjadi 55,60%; serta menurunkan kejenuhan Al dari 43,80 menjadi 15,20%. Aktivitas mikroorganisme tanah juga meningkat dengan adanya perbaikan sifat-sifat kimia tanah tersebut. Kombinasi semua perlakuan tersebut meningkatkan serapan hara oleh tanaman yang tercermin dalam peningkatan hasil tanaman. Dalam kasus ini, Misra (1995) melaporkan bahwa pemberian kapur pada tanah kering masam mampu meningkatkan polong isi kacang tanah dari 60,3 menjadi 67,3%.

Pemberian sulfur nyata meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah. Hal ini dimungkinkan oleh terpenuhinya pemberian fosfat dan kapur yang berperan dalam pembentukan bunga kacang tanah. Pada proses pengisian polong, sulfur sangat berperan karena biji kacang tanah mengandung

banyak protein, dan sulfur bersama nitrogen merupakan komponen penyusun protein terutama metionin, cistin, dan cystein. Dalam konteks ini, Tandon (1995) melaporkan bahwa pemberian sulfur pada lahan kering masam meningkatkan hasil kacang-kacangan yang tercermin dalam peningkatan kadar protein biji sampai 34%. Pemberian sulfur juga meningkatkan serapan nitrogen oleh tanaman karena adanya hubungan sinergis antara sulfur dan nitrogen. Pemberian 100 kg sulfur/ha meningkatkan serapan nitrogen oleh tanaman leguminosa 40 kg/ha (Schnug *et al.*, 1993). Kombinasi sinergis ini meningkatkan serapan sulfur dan nitrogen yang dibutuhkan oleh kacang tanah dan mampu meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah.

Kualitas biji kacang tanah

Informasi perbaikan kualitas bahan pangan menjadi semakin penting untuk diketahui sehubungan dengan program perbaikan gizi masyarakat. Pemberian kapur dan sulfur juga dihipotesakan bisa meningkatkan kualitas biji kacang tanah, sehingga selama penelitian dilakukan pemantauan kualitas biji dengan menganalisis kadar asam amino, yaitu metionin, cistin dan cystein. Pemberian kapur dan sulfur meningkatkan kualitas biji kacang tanah yang tercermin dari meningkatnya kadar metionin, cistin dan cystein secara nyata (Tabel 4).

Pemberian kapur meningkatkan kadar asam amino (metionin, cistin dan cystein) biji kacang tanah secara nyata, masing-masing dari 0,56-0,75 ppm, 0,58-0,70 ppm, dan dari 0,39-0,54 ppm. Seperti juga peningkatan polong dan biji kering kacang tanah, peningkatan kadar asam amino terjadi karena peranan kapur dalam memperbaiki sifat-sifat kimia tanah seperti peningkatan pH, kadar Ca, S dan P-tersedia, dan kejenuhan basa serta menurunkan kejenuhan aluminium tanah. Dari semua perbaikan sifat tanah ini, peningkatan S-tersedia merupakan faktor yang berpengaruh langsung terhadap peningkatan kadar asam amino biji kacang tanah.

Tabel 4. Kadar asam amino (metionin, cistin dan cystein) biji kacang tanah akibat pemberian kapur dan sulfur pada tanah Oxic Dystrudepts di Tanah Abang, Jambi

Table 4. Content of amino acid (methionine, cystine and cysteine) of peanut seed as affected by lime and sulfur treatments of Oxic Dystrudepts at Tanah Abang, Jambi

Sandi perlakuan	Tanpa kapur	Kapur 0,5 Al-dd	Kapur 1,0 Al-dd
Metionin (ppm)			
SOP2	0,46 c*	0,54 c	0,60 c
S1P2	0,53 b	0,64 b	0,74 b
S2P2	0,60 a	0,72 ab	0,82 a
S3P2	0,63 a	0,80 a	0,88 a
Petak utama	0,56 B**	0,68 A	0,75 A
Cistin (ppm)			
SOP2	0,48 c*	0,49 c	0,61 b
S1P2	0,57 b	0,54 bc	0,65 b
S2P2	0,60 ab	0,65 ab	0,74 a
S3P2	0,65 a	0,70 a	0,80 a
Petak utama	0,58 B**	0,60 B	0,70 A
Cystein (ppm)			
SOP2	0,31 c*	0,37 c	0,48 c
S1P2	0,39 b	0,44 b	0,50 bc
S2P2	0,42 ab	0,48 ab	0,55 ab
S3P2	0,45 a	0,50 a	0,62 a
Petak utama	0,39 B**	0,45 B	0,54 A

* Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT.

** Angka pada baris yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT.

Peningkatan takaran sulfur juga meningkatkan kadar asam amino (metionin, cistin dan cystein) biji kacang tanah secara nyata pada semua perlakuan kapur. Tanpa kapur, peningkatan metionin, cistin dan cystein masing-masing dari 0,46-0,63 ppm; 0,48-0,65 ppm; serta dari 0,31-0,45 ppm. Pada pemberian kapur setara 0,5 Al-dd, peningkatan ketiga asam amino tersebut masing-masing dari 0,54-0,80 ppm; 0,49-0,70; dan dari 0,37-0,50 ppm. Sedangkan pada pemberian kapur setara 1,0 Al-dd, peningkatan ketiga asam amino masing-masing dari 0,60-0,88 ppm; 0,61-0,80 ppm; serta dari 0,48-0,62 ppm.

Peningkatan kadar asam amino biji kacang tanah sesuai dengan peranan sulfur di dalam metabolisme tanaman, yaitu dalam pembentukan protein biji, terutama yang tersusun dari asam amino mengandung S seperti metionin, cistin dan cystein. Hasil ini serupa dengan hasil penelitian Tandon (1995) yang melaporkan bahwa pemberian sulfur untuk kacang tanah pada lahan kering masam mampu meningkatkan kadar protein sampai 34%, dan kadar minyak biji kacang tanah sampai 11,3%. Sementara untuk tanaman kedelai, Misra (1995) menyatakan bahwa pemberian 100 kg sulfur/ha pada tanah kering masam akan meningkatkan kadar protein biji kedelai 10,6%, dan kadar minyak 1,4%.

KESIMPULAN

1. Pemberian kapur meningkatkan transformasi sulfur menjadi sulfat. Pada tanah lapisan atas yang kadar S-tersedianya rendah (1,13 ppm), peningkatan transformasi sulfat hampir dua kali yaitu dari 70 ppm menjadi 135 ppm S. Sedangkan pada tanah lapisan bawah yang kadar sulfatnya lebih tinggi, peningkatan transformasi sulfur hampir 1,5 kali, yaitu dari 120 ppm menjadi sekitar 160 ppm.
2. Pemberian kapur 1,0 Al-dd meningkatkan biji kering kacang tanah secara nyata dari 864 menjadi 1.058 kg/ha.
3. Pemberian 7,5 ppm S dalam larutan tanah meningkatkan polong dan biji kering kacang tanah secara nyata pada semua perlakuan kapur. Peningkatan polong kering pada perlakuan tanpa kapur, 0,5 dan 1,0 Al-dd adalah dari 1.359 menjadi 1.847; dari 1.423 menjadi 1.930; dan dari 1.614 menjadi 2.107 kg/ha. Sedangkan peningkatan biji kering pada ketiga perlakuan kapur tersebut adalah dari 600 menjadi 1.075; dari 710 menjadi 1.120, dan dari 820 menjadi 1.320 kg/ha.
4. Pengapuran meningkatkan kualitas biji kacang tanah yang tercermin dari peningkatan kadar

asam amino (metionin, cistin dan cystein). Peningkatan ketiga asam amino tersebut masing-masing dari 0,56 menjadi 0,75 ppm; 0,58 menjadi 0,70 ppm; dan dari 0,39 menjadi 0,54 ppm.

5. Sulfur meningkatkan kadar asam amino biji kacang tanah pada semua perlakuan kapur. Peningkatan metionin pada perlakuan tanpa kapur; 0,5; dan 1,0 Al-dd, masing-masing dari 0,46 menjadi 0,63 ppm; 0,54 menjadi 0,80 ppm; dan 0,60 menjadi 0,88 ppm. Peningkatan cistin pada ketiga perlakuan kapur tersebut adalah dari 0,48 menjadi 0,65 ppm; 0,49 menjadi 0,70 ppm; dan dari 0,61 menjadi 0,80 ppm. Sedangkan peningkatan cystein adalah 0,31 menjadi 0,45 ppm; 0,37 menjadi 0,50 ppm; dan dari 0,48 menjadi 0,62 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya, L.M., B. Rusman, I P.G. Widjaja Adhi, A. Sofyan, and T. Dierlof. 1992.** Effects of deep placement of lime on soil properties, root growth, water availability, and crop production in acid upland soils of Sitiung, West Sumatra. *Pembr. Penel. Tanah dan Pupuk* 10:21-33.
- Attoe, O.J., and R.A. Alson. 1966.** Factors affecting rate of oxidation in soils in rock-phosphate-sulfur fusions. *Soil Sci. Am.* 101 (4):317-325.
- Blair, G.J., A.R. Till, and C.D. Shedley. 1994.** Transformation of sulfur in soil and subsequent uptake by subterranean Clover. *Aust. Soil Res.* 32(6):1207-1213.
- Bohn, H.W., N.J. Barrow, S.S.S. Rajan, and R.L. Parfitt. 1986.** Reaction of inorganic sulphur in soils. p. 233-249. *In* M.A. Tatabai (Ed.). *Sulphur in Agriculture*. Agron. Series 27. ASA, CSS, SSA. Madison, Wisc.
- Dev, G. 1996.** Use of rock phosphate in food grains production under irrigated and rainfed conditions in India. *Nutrient Management for Sustainable Food Production in Asia*. Inter. Conf. In Asia and IFA-FADINAP Regional Meeting.

- Ghani, A., J.H. Watkinson, and M.P. Upsdell. 1997.** Modelling the oxidation of elemental S in New Zealand pastoral soils. *Sulphur in Agric.* 20:3-9. The Sulfur Institute. Washington-DC.
- Gupta, R.K., and S.K. Dubey. 1998.** Sulphur management in rainfed cropping system in Madhya Pradesh, India. *Fertilizer News.*43:57-60.
- Hauser, G.F. 1970.** A Standard Guide to Soil Fertility Investigations on Farmers' Fields. *Soil Bul.*11. Food and Agriculture of United Nations. Rome.
- Kamprath, E.J., and C.D. Foth. 1997.** Interaksi kapur-pupuk-tanaman pada tanah masam. Hal. 132-227 *dalam* O.P. Engelstad (*Eds.*). Teknologi dan penggunaan pupuk. Edisi ke tiga. Terjemahan oleh D.H. Gunadi dan B.R. Gukguk. Gajah Mada University Press.
- Misra, U.K. 1995.** Soil sulfur deficiencies and crop responses to sulfur in Orissa, India. *Sulfur in Indian Agriculture: Update 1995.* Sulfur in Agric.19:16-20. The Sulfur Institute. Washington.
- Santoso, D. 1989.** Phosphorus and Sulphur Characteristics and Fertilization of Upland Acid Soils of the Humid Tropic. Thesis for the Degree of Doctor Philosophy of the University of New England.
- Santoso, D., J. Sri Adiningsih, and Heryadi. 1989.** N, S, P, and K status of soils in the islands outside Java. p. 77-82. *In* G.J. Blair and R. Lefroy (*Eds.*). Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia. International Seminar. Jakarta.
- Schnug, E., S. Haneklaus, and D. Murphy.1993.** Impact of sulfur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulfur in Agric.* 17:8-12. The Sulfur Institute. Washington.
- Tandon, H.L.S. 1991.** Sulphur. Research and Agricultural Production in India. Fertilizer Development and Consultation Organization. New Delhi.
- Tisdale, S.L., L.N. Werner, and D.B. James. 1990.** Soil Fertility and Fertilizer. Macmillan Publ. New York.
- Weir, R.G. 1975.** The oxidation of elemental S and sulphides in soil. p. 40-49. *In* K.D. Mclachlan (*Ed.*). Sulphur in Australian Agriculture. Sydney University Press.