

KECEPATAN TRANSFORMASI S-ELEMEN MENJADI SULFAT PADA TIGA JENIS TANAH TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN BAHAN ORGANIK

The Rate of S-Element Transformation to Sulfate on Three Kinds of Soils With and Without Addition of Organic Matter

H. Muhammad¹, S. Sabiham², A. Rachim^{2†}, H. Adijuwana³

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Km. 17.5 Sudiang, Makassar 90243

²Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

ABSTRACT

Deficiency of sulfur were found at many areas of farming in Indonesia. The aim of this experiment was to know the rate of S-element transformation to sulfate on three kinds of soil without and added of organic matter. The experiment was conducted using a Randomized Complete Design with factorial pattern consist of two factors and two replications. The first factor is kinds of soil, i.e. Udic Haplusters, Typic Haplustepts, and Oxyaquic Udipsamment. The second factor is dosage of S-element consist of five levels i.e. 20, 40, 60, 80, and 100 mg kg⁻¹. Experiment was arranged in two groups, i.e. without and added 1 % of organic matter treatment. Sulfate of each treatment was extracted every ten days by Ca(H₂PO₄)₂ content of 500 mg kg⁻¹ P and measured by spectrophotometer on λ 432 nm. The result showed that the rate of transformation of S-element to sulfate is significantly affected by kind of soil, S-element dosage, and their interaction. That transformation was on the increase by increasing of time incubation, but the oxidized S percentage was on decrease with an increase of S-element dosage. Addition of organic matter accelerated transformation of S-element to sulfate on the first stage and decreased with an increase of time incubation.

Key words: *Oganic matter, sulfate, transformation of S-element*

PENDAHULUAN

Kahat sulfur (S) di Indonesia pertama kali dilaporkan pada tahun 1955 pada tanaman teh, kemudian disusul pada tanaman padi (Ismunaji, 1983), jagung, kubis, kentang, bawang merah, padi gogo dan kedelai (Soepardi *et al.*, 1985). Blair *et al.*, (1979) dan Samosir (1989) melaporkan bahwa sebagian besar (60 - 70 %) tanah-tanah di Sulawesi Selatan kahat S. Sholeh (1995) berpendapat bahwa banyak faktor yang menyebabkan terjadinya kahat S, diantaranya : (1) penggunaan pupuk yang sedikit atau tidak mengandung S, (2) pengelolaan tanaman yang diterapkan seperti bertanam campuran dan penggunaan varietas-varietas berdaya hasil tinggi, yang menyerap S dalam jumlah besar dari dalam tanah, (3) berkurangnya penggunaan pestisida yang mengandung S, (4) penggunaan sisa tanaman untuk pakan ternak, (5) berkurangnya cadangan S di dalam tanah.

Untuk mengatasi kahat S di dalam tanah dapat dilakukan dengan penambahan S-elemen. Ada dua alasan yang menyebabkan S-elemen ideal sebagai pupuk pelepas lambat (*slow-release fertilizer*), yaitu (1) merupakan bentuk S terkonsentrasi (konsentrasi tinggi) sehingga biaya pengangkutan dan aplikasinya rendah; (2) S-elemen tidak larut dalam air sehingga tidak hilang karena tercuci (Ghani *et al.*, 1997).

Efektivitas S-elemen sebagai pupuk ditentukan oleh kecepatan oksidasinya. Menurut Weir (1975 dalam Sholeh, 1995) ada tiga faktor yang berinteraksi dalam mempengaruhi oksidasi S-elemen, yaitu (1) substrat (S); (2) mikroba, dan (3) lingkungan tempat berlangsungnya proses oksidasi. Faktor substrat termasuk ukuran, struktur kristal, konsentrasi dan distribusi S-elemen. Faktor mikroba adalah populasi bakteri pengoksidasi S, populasi mikroorganisme pesaing (*competing microorganism*) dan predator. Faktor lingkungan termasuk suhu tanah, kelembaban, aerasi, jenis dan sifat tanah, ketersediaan hara dan bahan organik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan transformasi S-elemen menjadi sulfat pada berbagai jenis tanah tanpa dan dengan penambahan bahan organik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen d/h Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor dari bulan April sampai Mei 1999.

[†] Almarhum

Tabel 1. Ciri Tanah dan Blotong yang Digunakan dalam Penelitian Ini

Ciri yang diamati	Jenis Tanah			Blotong
	Udic Haplusterts	Typic Haplustepts	Oxyaquic Udipsamment	
pH H ₂ O (1 : 5)	6.70	6.70	7.70	6.7
C-organik (%)	0.73	1.12	0.80	25.9
N-total (%)	0.08	0.08	0.08	1.2
P ₂ O ₅ - Bray 2 (mg kg ⁻¹)	24.7	118.7	1.0	7.4
SO ₄ ²⁻ - Am. Ac. pH 4 (mg kg ⁻¹)	tt	tt	180.0	-
SO ₄ -total (%)	-	-	-	0.1
C/N	-	-	-	21.6
Basa-basa Dapat Dipertukarkan				
Ca (cmol (+) kg ⁻¹)	39.59	11.45	7.58	25.43
Mg (cmol (+) kg ⁻¹)	2.68	1.90	1.26	5.35
K (cmol (+) kg ⁻¹)	1.15	0.96	0.80	0.56
Na (cmol (+) kg ⁻¹)	0.80	0.81	1.43	0.52
Unsur-unsur lain				
Fe (mg kg ⁻¹)	1.72	2.80	1.63	-
Cu (mg kg ⁻¹)	tt	0.06	0.38	-
Zn (mg kg ⁻¹)	0.16	1.36	0.06	-
KTK (cmol (+) kg ⁻¹)	46.20	16.70	12.67	48.15
Tekstur				
Pasir (%)	11.35	34.03	87.74	-
Debu (%)	24.51	33.37	10.87	-
Liat (%)	64.14	32.60	1.39	-

tt = tidak terukur; - = tidak dianalisis

Bahan-bahan yang digunakan antara lain blotong lapuk (telah tersimpan \pm satu tahun) dari Pabrik Gula PT. PN XIV Takalar Sulawesi Selatan, S-elemen dan sejumlah bahan kimia. Tanah diambil secara komposit dari tiga lokasi yaitu di Desa Kampala Kecamatan Batang, Desa Karelayu Kecamatan Tamalatea, dan Kelurahan Tolo Selatan Kecamatan Kelara Kabupaten Jeneponto. Masing-masing tanah tersebut diambil pada kedalaman 0 – 30 cm dari permukaan tanah pada 6 titik. Ciri tanah dan blotong tersebut disajikan pada Tabel 1.

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dua faktor dengan dua ulangan. Faktor pertama adalah jenis tanah, terdiri atas 3 jenis. Faktor kedua adalah takaran S-elemen yang terdiri atas 5 taraf, yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 mg kg⁻¹. Jumlah perlakuan adalah 30 unit untuk percobaan transformasi S tanpa bahan organik dan 30 unit untuk percobaan transformasi S dengan penambahan bahan organik (blotong) pada masing-masing waktu inkubasi. Secara keseluruhan digunakan 180 botol perlakuan.

Sebanyak 200 g tanah diberi S-elemen dengan yang takarannya disesuaikan dengan perlakuan, ditempatkan di dalam botol plastik tertutup (diameter \pm 6 cm, tinggi 12 cm). Kadar airnya dipertahankan pada 80 % kapasitas lapang. Tanah pada botol-botol plastik yang lain, selain diberi S-elemen dengan dosis yang sama juga diberi blotong dengan dosis satu persen. Sulfat pada masing-masing botol ditetapkan setiap 10 hari dengan menggunakan pengekstrak Ca(H₂PO₄)₂ yang mengandung

500 mg kg⁻¹ P (Sulaiman *et al.*, 1984). Lima g tanah dari masing-masing botol perlakuan \pm 25 ml ekstrak (Ca(H₂PO₄)₂) dimasukkan ke dalam labu takar dan dikocok selama 1 jam, kemudian *disentrifuge* selama 15 menit. Suspensi di dalam botol disaring dan filtratnya dimasukkan ke dalam tabung film. Selanjutnya dari masing-masing tabung tersebut dipipet 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan masing-masing 2 ml BaCl₂ + tween, 2 ml HCl 4 N dan 9 ml akuades. Selanjutnya konsentrasi sulfat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 432 nm. Data-data sulfat tersebut selanjutnya dianalisis ragam, dan bila ditemukan pengaruh perlakuan, dilakukan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5 %.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa pH dari ketiga jenis tanah tersebut mendekati netral sampai netral. Hal ini terkait dengan curah hujan yang rendah yaitu rata-rata selama 19 tahun terakhir 877.47 mm per tahun dengan periode hujan yang singkat (4–5 bulan), sehingga pencucian kation-kation tidak berlangsung intensif. Kandungan C-organik dan N-total tanah rendah. Rendahnya C-organik tanah tersebut diduga disebabkan oleh (1) terbatasnya sumber bahan organik setempat dan (2) pengelolaan lahan yang belum memperhatikan pengembalian bahan organik ke dalam tanah, bahkan dalam pembersihan lahan umumnya dilakukan dengan cara pembakaran. Sedangkan rendahnya N-total tanah diduga karena mobilitasnya yang sangat tinggi di dalam tanah disamping karena rendahnya bahan organik yang terdapat di dalam tanah. Kandungan P

tersedia pada tanah Udic Haplusterts dan Typic Haplustepts tinggi serta rendah pada tanah Oxyaquic Udipsamment. Sulfat tersedia sangat rendah kecuali pada tanah Oxyaquic Udipsamment, yang diduga disebabkan oleh adanya sumbangan sulfat dari air laut karena lokasi tanah ini sangat dekat dengan laut (± 150 m), sedang rendahnya S pada dua jenis tanah lainnya diduga berhubungan dengan rendahnya C-organik dan N-total. Menurut Blair *et al.* (1979), rendahnya kandungan S pada tanah-tanah tropika disebabkan oleh rendahnya kandungan bahan organik tanah. Neptune *et al.* (1975) mendapatkan korelasi yang sangat nyata ($r = 0,99$) antara kandungan C-organik tanah dengan total S pada 6 jenis tanah di Brazil. Kang *et al.* (1981) mendapatkan korelasi yang tinggi antara total S dengan total N dan fraksi P organik tanah dari tiga zone vegetasi. Selanjutnya dinyatakan bahwa total S dan S tersedia pada permukaan tanah tidak berhubungan dengan bahan induk atau tipe tanah, tetapi tampaknya lebih dipengaruhi oleh zone vegetasi. Pola tanam nampaknya mempunyai beberapa pengaruh terhadap total S.

Basa-basa dapat dipertukarkan umumnya tinggi, sedangkan unsur mikro umumnya rendah, mungkin disebabkan oleh tingginya pH tanah sehingga ada kemungkinan mengendap di dalam tanah. Kapasitas tukar kation rendah, kecuali pada tanah Udic Haplusterts. Rendahnya KTK pada dua jenis tanah tersebut diduga disebabkan oleh tipe mineral liatnya yang didominasi oleh liat 1:1. Sedangkan pada tanah Udic Haplusterts liatnya didominasi oleh mineral tipe 2 : 1 yang mempunyai muatan negatif yang tinggi.

Blotong yang digunakan mengandung C-organik 25.9 % dan P_2O_5 7.4 mg kg^{-1} serta Ca yang cukup tinggi yaitu 25.43 cmol (+) kg^{-1} dengan C/N 21.6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Oksidasi S-Element Tanpa Bahan Organik

Secara statistik transformasi S-elemen menjadi sulfat tanpa pemberian bahan organik dipengaruhi secara nyata oleh takaran S, jenis tanah, dan interaksinya. Inkubasi selama sepuluh (10) hari menunjukkan bahwa sulfat yang terbanyak terbentuk yaitu 27.5 mg kg^{-1} SO_4^{2-} (Tabel 2) diperoleh pada takaran 100 mg kg^{-1} S pada tanah Udic Haplusters dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Tetapi pada takaran 20 mg kg^{-1} S belum terjadi transformasi S-elemen hingga hari ke 10. Secara umum terlihat bahwa pada hari ke 10, takaran 100 mg kg^{-1} S mengalami transformasi yang terbanyak pada tanah Udic Haplusters (27.5 mg kg^{-1} SO_4^{2-}) dan Typic Haplustepts (12.5 mg kg^{-1} SO_4^{2-}). Sedangkan pada tanah Oxyaquic Udipsamment takaran S yang terbanyak tertransformasi adalah 80 mg kg^{-1} S yaitu 11.34 mg kg^{-1} SO_4^{2-} . Hal ini menunjukkan bahwa jenis tanah berpengaruh nyata terhadap kecepatan oksidasi S-elemen menjadi sulfat. Menurut Weir (1975 dalam Sholeh, 1995) salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan oksidasi S adalah lingkungan termasuk suhu tanah, kelembaban dan aerasi, jenis dan sifat tanah, ketersediaan hara dan bahan organik. Dengan semakin tingginya takaran S, kontak antara mikroba pengoksidasi S

semakin banyak sehingga terjadi peningkatan sulfat yang terbentuk.

Pada hari ke 20, tampak bahwa S-elemen yang terbanyak tertransformasi adalah pada takaran 80 mg kg^{-1} S pada tanah Typic Haplustepts yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 2), yaitu 41.67 mg kg^{-1} SO_4^{2-} , dan yang terendah adalah pada takaran 20 mg kg^{-1} S pada tanah Udic Haplusters, yaitu 4.01 mg kg^{-1} SO_4^{2-} . Takaran S yang terbanyak tertransformasi pada masing-masing jenis tanah adalah 60 mg kg^{-1} S pada Udic Haplusters, 80 mg kg^{-1} S pada tanah Typic Haplustepts, dan 100 mg kg^{-1} S pada tanah Oxyaquic Udipsamment yaitu berturut-turut 35.08 mg kg^{-1} SO_4^{2-} , 41.67 mg kg^{-1} SO_4^{2-} , 27.05 mg kg^{-1} SO_4^{2-} .

Pada hari ke 30 tampak bahwa pada tanah Udic Haplusters, takaran S yang menghasilkan sulfat yang terbanyak adalah 40 mg kg^{-1} S yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 2). Sedangkan pada tanah Typic Haplustepts takaran S yang menghasilkan sulfat tertinggi adalah 100 mg kg^{-1} S sebanyak 55.74 mg kg^{-1} SO_4^{2-} . Sedangkan pada tanah Oxyaquic Udipsamment adalah 60 mg kg^{-1} S sebanyak 47.49 mg kg^{-1} SO_4^{2-} .

Tabel 2. Pengaruh Takaran S-Element dan Jenis Tanah terhadap Kecepatan Transformasi S-Element menjadi Sulfat Tanpa Pemberian Bahan Organik

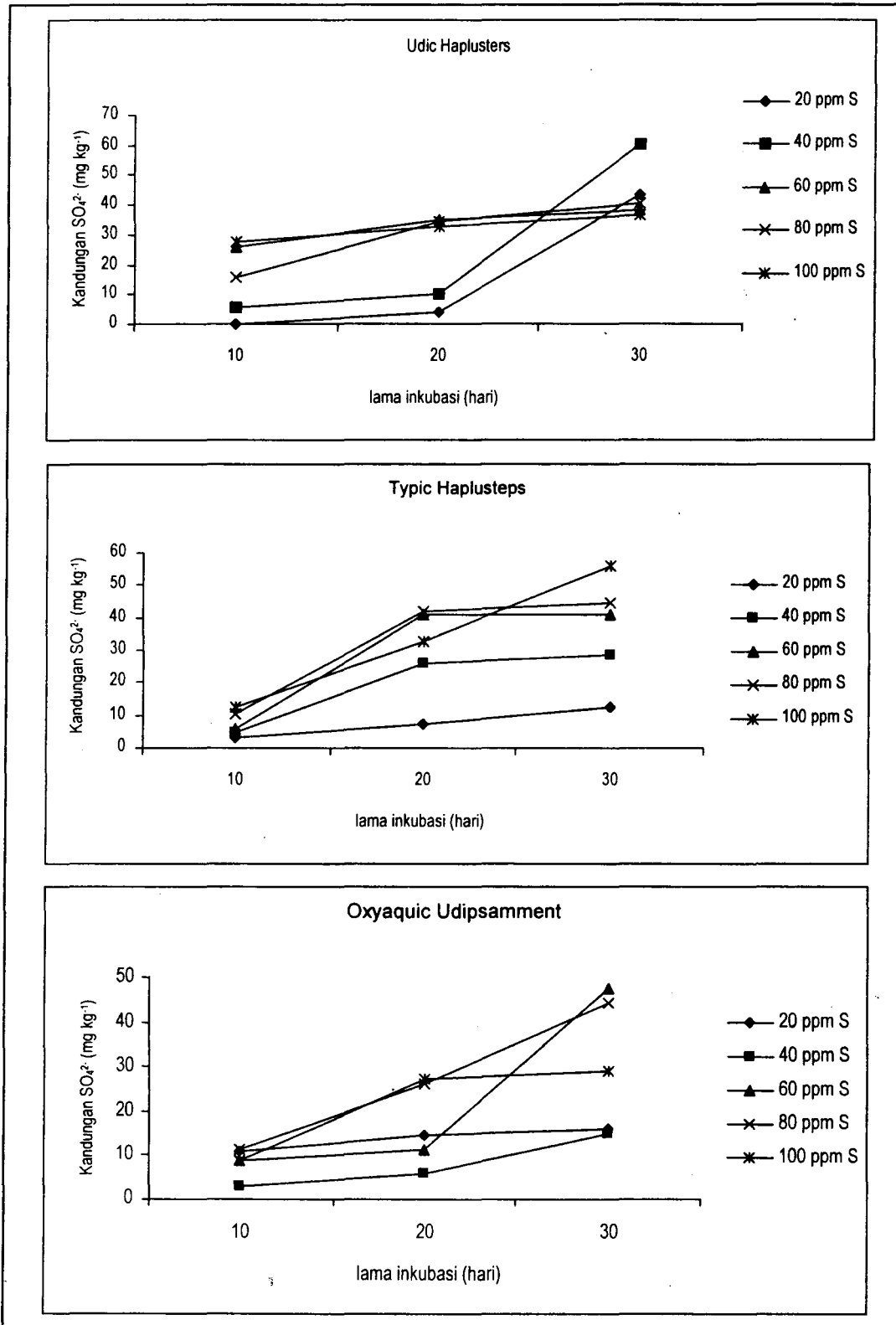
Takaran S (mg kg^{-1})	Jenis tanah	Rata-rata sulfat (mg kg^{-1}) yang terbentuk pada hari ke		
		10	20	30
20	Udic Haplusters	00.00 j	4.01 l	43.26 d
40	Udic Haplusters	5.79 g	9.99 i	60.57 a
60	Udic Haplusters	25.96 b	35.08 c	38.33 f
80	Udic Haplusters	15.57 c	34.62 c	40.83 e
100	Udic Haplusters	27.50 a	32.50 d	36.54 g
20	Typic Haplustepts	2.88 i	7.22 j	12.50 j
40	Typic Haplustepts	4.81 h	25.87 f	28.70 h
60	Typic Haplustepts	5.77 g	40.83 b	40.80 e
80	Typic Haplustepts	10.58 e	41.67 a	44.26 d
100	Typic Haplustepts	12.50 d	32.50 d	55.74 b
20	Oxyaquic Udipsamment	10.75 e	14.43 g	15.98 i
40	Oxyaquic Udipsamment	3.03 i	5.76 k	14.76 i
60	Oxyaquic Udipsamment	8.64 f	11.34 h	47.49 c
80	Oxyaquic Udipsamment	11.34 e	25.95 f	44.26 d
100	Oxyaquic Udipsamment	8.55 f	27.05 e	28.86 h

Angka-angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5 %

Secara umum pola transformasi S-elemen menjadi sulfat pada masing-masing jenis tanah tanpa penambahan bahan organik tertera pada Gambar 1. Sampai dengan hari ke 30, S yang ditransformasikan menjadi sulfat semakin meningkat dengan bertambahnya waktu inkubasi, tetapi konsentrasinya berbeda-beda pada setiap jenis tanah. Sementara dengan meningkatnya takaran S cenderung menyebabkan menurunnya persentase S yang tertransformasi. Pada tanah Udic Haplusterts, jumlah S

yang ditransformasikan mencapai $43.26 \text{ mg kg}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ (72.1 %) pada hari ke 30 yaitu pada takaran $20 \text{ mg kg}^{-1} \text{ S}$, tetapi persentasenya terus menurun seiring dengan meningkatnya takaran S yang digunakan, yaitu berturut-turut $60.57 \text{ mg kg}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ (50 %) pada takaran 40 mg kg^{-1}

S, $38.33 \text{ mg kg}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ (21 %) pada takaran $60 \text{ mg kg}^{-1} \text{ S}$, $40.83 \text{ mg kg}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ (17 %) pada takaran $80 \text{ mg kg}^{-1} \text{ S}$, dan $36.54 \text{ mg kg}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ (12 %) pada takaran $100 \text{ mg kg}^{-1} \text{ S}$ (Tabel 3).



Gambar 1. Pola Oksidasi S-Element Tanpa Pemberian Blotong pada Setiap Jenis Tanah

Pada tanah Typic Haplustepts dan Oxyaquic Udipsamment transformasi S menjadi sulfat juga semakin banyak dengan bertambahnya waktu inkubasi, meskipun sampai pada hari ke 30 baru mencapai 18 - 24 % pada tanah Typic Haplustepts dan 10 - 26.6 % pada tanah Oxyaquic Udipsamment (Tabel 3). Transformasi S menjadi sulfat mulai meningkat secara nyata pada hari ke 20. Menurut Chapman (1989 dalam Sholeh, 1995), pada tahap awal, oksidasi S berjalan lambat dan meningkat hingga maksimum ketika terjadi kolonisasi mikroba. Hasil penelitian Ghani *et al.* (1997), menunjukkan bahwa sampai dengan hari ke 100 proses inkubasi masih terjadi peningkatan jumlah S yang teroksidasi, tergantung kepada ukuran (*particle size*) dari S-elemen. Sholeh (1995) menyatakan jika dilakukan penambahan P, kecepatan oksidasi S-elemen menjadi sulfat lebih meningkat. Pada tanah Typic Haplustepts yang mempunyai kandungan P yang lebih tinggi (Tabel 1), transformasi S dalam waktu yang sama lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Oxyaquic Udipsamment yang mempunyai kandungan P

yang lebih rendah, kecuali pada takaran 20 dan 60 mg kg⁻¹ S.

Tekstur tanah tampaknya juga mempengaruhi kecepatan transformasi S. Pada hari ke 30, rata-rata sulfat yang terbentuk pada tanah Udic Haplusterts yang bertekstur liat lebih tinggi, yaitu 43.86 mg kg⁻¹ SO₄²⁻ (34.44 %) dibandingkan dengan sulfat yang terbentuk pada tanah Typic Haplusterts dan Oxyaquic Udipsamment yang bertekstur lebih kasar, yaitu berturut-turut 36.38 mg kg⁻¹ SO₄²⁻ (20.96 %) dan 30.22 mg kg⁻¹ SO₄²⁻ (18.52 %). Hal ini mungkin ada kaitannya dengan kemampuan tanah memegang air yang lebih tinggi pada tanah yang bertekstur liat sehingga lebih sesuai untuk perkembangan mikroba pengoksidasi S. Hasil penelitian ini bertentangan dengan pendapat Janzen dan Bettany (1978) yang menyatakan bahwa oksidasi S berkorelasi positif dengan kandungan pasir dan udara yang mengisi pori-pori tanah, tetapi berkorelasi negatif dengan kandungan liat. Perbedaan sifat tanah yang digunakan dan lingkungan tempat berlangsungnya penelitian yang berbeda memungkinkan terjadinya hal ini.

Tabel 3. Transformasi S-Elemen menjadi Sulfat pada Tanah Udic Haplusterts, Typic Haplustepts, dan Oxyaquic Udipsamment

Dosis S-elemen (mg kg ⁻¹)	Kandungan sulfat (mg kg ⁻¹) pada tanah Udic Haplusterts pada hari inkubasi ke			Kandungan sulfat (mg kg ⁻¹) pada tanah Typic Haplustepts pada hari inkubasi ke			Kandungan sulfat (mg kg ⁻¹) pada tanah Oxyaquic Udipsamment pada hari inkubasi ke		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Tanpa blotong									
20	0 (0)	4.01 (6.7)	43.26 (72.1)	2.88 (4.88)	7.22 (12.03)	12.50 (20.8)	10.75 (17.9)	14.43 (24.05)	15.98 (26.6)
40	5.79 (5)	9.99 (8)	60.57 (50)	4.81 (4)	25.87 (22)	28.7 (24)	3.03 (3)	5.76 (5)	14.76 (12)
60	25.96 (15)	35.08 (20)	38.33 (21)	5.77 (3)	40.83 (23)	40.80 (23)	8.64 (5)	11.34 (6)	47.49 (26)
80	15.57 (6.5)	34.62 (14.4)	40.83 (17)	10.58 (4)	41.67 (17)	44.26 (18)	11.34 (5)	25.95 (11)	44.26 (18)
100	27.50 (9)	32.5 (11)	36.54 (12)	12.50 (4)	32.50 (11)	55.74 (19)	8.55 (3)	27.05 (9)	28.86 (10)
Dengan blotong									
20	39.42 (65.7)	0.83 (1.4)	0 (0)	10.58 (17.6)	8.33 (6.6)	2.46 (4.1)	15.58 (25.6)	31.67 (52.8)	16.39 (27.3)
40	41.35 (34.5)	25.83 (21.5)	0.82 (1.4)	20.19 (16.8)	10 (8.3)	9.84 (8.2)	27.88 (23.2)	34.17 (28.5)	33.61 (28)
60	50.00 (27.8)	17.50 (9.7)	1.64 (0.9)	35.58 (19.8)	13.33 (7.4)	14.75 (8.2)	40.38 (22.4)	51.67 (28.7)	47.54 (26.4)
80	52.88 (22)	49.17 (20.5)	22.13 (9.2)	40.38 (16.8)	9.17 (3.8)	7.38 (3.1)	63.46 (26.4)	44.17 (18.4)	51.64 (21.5)
100	57.69 (19.2)	51.67 (17.2)	23.77 (7.9)	43.27 (14.4)	26.67 (8.9)	40.16 (13.4)	90.38 (30.1)	63.33 (21.1)	68.03 (22.7)

Keterangan : Angka-angka dalam kurung menunjukkan persentase S-elemen yang tertransformasi menjadi sulfat

Pola Oksidasi S-Elemen dengan Penambahan Bahan Organik

Penambahan bahan organik menyebabkan kecepatan transformasi S-elemen menjadi sulfat berlangsung lebih cepat pada tahap awal (10 hari pertama). Transformasi tersebut dipengaruhi secara nyata oleh takaran S, jenis tanah, dan interaksinya. Pada takaran 100 mg kg⁻¹ S pada tanah Oxyaquic Udipsamment mengalami transformasi tertinggi, yaitu 90.38 mg kg⁻¹ SO₄²⁻ dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan pada takaran 20 mg kg⁻¹ S pada tanah Typic Haplustepts mengalami transformasi S yang terendah yaitu 10.58 mg kg⁻¹ SO₄²⁻. Pada Tabel 4 tampak bahwa transformasi S pada takaran 80 dan 100 mg kg⁻¹ S lebih tinggi dibandingkan dengan takaran lainnya pada masing-masing jenis tanah. Lebih cepatnya transformasi S menjadi sulfat dengan penambahan bahan organik (blotong) pada tahap awal disebabkan oleh tingginya kandungan P, adanya sumbangan sulfat dan mikroba pengoksidasi S yang terdapat pada blotong. Wainwright *et al.* (1986) melaporkan bahwa jerami gandum dan pulp lobak (*sugar beet*) menstimulasi oksidasi S-elemen. Waksman dan Starkey (1922) dan Emoto (1933) keduanya disitir oleh Sholeh (1995) menemukan bahwa glukosa sedikit berpengaruh terhadap peningkatan oksidasi S oleh *Thiobacillus thiooxidans*. Sedangkan menurut Pepper dan Miller (1978), glukosa menghambat oksidasi oleh *Thiobacillus thiooxidans*.

Tabel 4. Pengaruh Takaran S-Elemen dan Jenis Tanah terhadap Kecepatan Oksidasi S-Elemen menjadi Sulfat dengan Pemberian Bahan Organik

Takaran S (mg kg ⁻¹)	Jenis tanah	Rata-rata sulfat (mg kg ⁻¹) yang terbentuk pada hari ke		
		10	20	30
20	Udic Haplusters	39.42 ef	0.83 l	0 o
40	Udic Haplusters	41.35 e	25.83 g	0.82 n
60	Udic Haplusters	50 d	17.5 h	1.64 m
80	Udic Haplusters	52.88 d	49.17 c	22.13 g
100	Udic Haplusters	57.69 c	51.67 b	23.77 f
20	Typic Haplustepts	10.58 j	8.33 k	2.46 l
40	Typic Haplustepts	20.19 h	10 j	9.84 j
60	Typic Haplustepts	35.58 f	13.33 i	14.75 i
80	Typic Haplustepts	40.38 e	9.17 jk	7.38 k
100	Typic Haplustepts	43.27 e	26.67 g	40.16 d
20	Oxyaquic Udipsamment	15.58 i	31.67 f	16.69 h
40	Oxyaquic Udipsamment	27.88 g	34.17 e	33.61 e
60	Oxyaquic Udipsamment	40.38 e	51.67 b	47.54 c
80	Oxyaquic Udipsamment	63.46 b	44.17 d	51.64 b
100	Oxyaquic Udipsamment	90.38 a	63.33 a	68.03 a

Angka-angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5 %

Pada hari ke 20, transformasi S-elemen menjadi sulfat pada semua jenis tanah mengalami penurunan. Transformasi S menjadi sulfat yang tertinggi adalah pada takaran 100 mg kg⁻¹ S pada tanah Oxyaquic Udipsamment dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 4). Takaran 100 mg kg⁻¹ S untuk masing-masing jenis tanah menghasilkan sulfat yang tertinggi dibandingkan dengan takaran S lainnya. Sedangkan transformasi S yang terendah adalah pada takaran 20 mg kg⁻¹ S untuk semua jenis tanah. Hal ini semakin memperjelas bahwa dengan semakin tinggi takaran S (100 mg kg⁻¹), maka kontak dengan mikroba pengoksidasi S dengan substrat juga semakin banyak, sehingga kapasitasnya dalam mengoksidasi sulfur juga meningkat yang menyebabkan sulfat yang terbentuk juga semakin banyak pula. Menurut Barrow (1971 *dalam* Sholeh, 1995) semakin tinggi konsentrasi S yang diaplikasikan semakin tinggi pula S yang ditransformasikan karena semakin banyaknya kontak mikroorganisme dengan S-elemen, tetapi pada dosis > 1 % dapat bersifat toksik bagi mikroba.

Pada hari ke 30, transformasi S menjadi sulfat pada tanah Udic Haplusters terus mengalami penurunan. Sementara pada Typic Haplustepts dan Oxyaquic Udipsamment bervariasi menurut takaran S-elemen. Takaran S-elemen yang mengalami peningkatan transformasi menjadi sulfat dibandingkan pada hari ke 20 adalah 60 dan 100 mg kg⁻¹ S pada tanah Typic Haplustepts dan 80 dan 100 mg kg⁻¹ S pada tanah Oxyaquic Udipsamment. Sampai dengan hari ke 30, tampak bahwa takaran S-elemen yang rendah (20 mg kg⁻¹) menyebabkan sulfat yang terbentuk juga semakin sedikit. Ada kemungkinan S-elemen tersebut semakin berkurang akibat oksidasi pada hari ke 10 dan 20.

Pola transformasi S-elemen menjadi sulfat dengan penambahan bahan organik (blotong) secara umum semakin menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi (Gambar 2), meskipun persentase penurunannya berbeda-beda pada setiap jenis tanah. Terjadinya pola transformasi S yang cepat pada tahap awal, kemudian menurun pada tahap selanjutnya mungkin berkaitan dengan semakin berkurangnya jumlah S yang akan dioksidasi. Penurunan jumlah S sebagai sumber energi bagi mikroba pengoksidasi S akan menurunkan populasi dan kapasitas mikroba tersebut dalam mentransformasi S menjadi sulfat.

KESIMPULAN

1. Transformasi S-elemen menjadi sulfat dipengaruhi secara nyata oleh jenis tanah, takaran S-elemen, dan interaksinya. Transformasi tersebut meningkat dengan bertambahnya waktu inkubasi, tetapi persentase S yang teroksidasi semakin menurun dengan meningkatnya takaran S.
2. Penambahan bahan organik (blotong) mempercepat transformasi S pada tahap awal dan semakin menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Blair, G.J. C.P. Mamaril, A.P. Umar, E.O. Momuat, and C. Momuat. 1979. Sulfur nutrition of rice. I. A survey of soil of South Sulawesi, *Indonesia. Agron. J.*, 71:473-477.
- Ghani, A., J.H. Watkinson, and M.P. Upsdell. 1997. Modeling the oxidation of elemental S in New Zealand pastoral soils. *Sulphur in Agr.*, 20:3-9.
- Ismunaji, M. 1983. Role and distribution of sulphur deficiency in lowland rice in Java. In Role of Research Results of Rice and Palawija Crops for Agriculture Development. Center Research Institute for Food Crops. 2:285-294.
- Janzen, H.H. and Bettany. 1978. Oxidation of elemental sulfur under field conditions in central Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 67:609-718.
- Kang, B.T., E. Ekoro, D. Acquaye, and O.A. Osiname. 1981. Sulfur status of some Nigerian soils from the savanna and forest zones. *Soil Sci.*, 132(3):220-227.
- Neptune, AM.L., M.A. Tabatabai, and J.J. Hanway. 1975. Sulfur fractions and carbon -nitrogen -phosphorus -sulfur relationship in some Brazilian and Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:51-55.
- Pepper, I.L. and R.H Miller. 1978. Comparison of the oxidation of thiosulfate and elemental sulfur by two heterotrophic bacterial and *Thiobacillus thiooxidans*. *Soil Sci.*, 126 (1):9-14.
- Samosir, S.S. R. 1989. Sulfur studies at Hasanuddin University. In G. Blair and R. Lefroy (eds). Sulfur Fertilizer Policy for Lowland Rice and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia. ACIAR Proc. No. 29. p.97-100.
- Sholeh. 1995. Sulfur and Phosphorus Effect on Elemental S Oxidation and the Availability of S to Corn. A Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of New England.
- Soepardi, G, M. Ismunaji, dan S. Partoharjo. 1985. Toward blanced fertilization to increase the quality and yield of crops. Directorate of Food Crops Extension. Directorate of Food Crops.
- Sulaiman, M. Supartini dan M. Sudjadi. 1984. Hubungan antara kadar belerang tersedia dalam tanah dengan respon tanaman padi sawah. *Pembr. Pen. Tanah dan Pupuk*, 3:20-26.
- Wainright, M., Nevell, W., and S.J Grayston. 1986. Effects of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of sulphur oxidation on soil nitrification. *Plant and Soil* 96:369-376.

