

**POTENSI ISOLAT MIKROBIA ASAL ANDISOL DIENG, JAWA TENGAH  
SEBAGAI INOKULUM PUPUK HAYATI PENGOKSIDASI SULFUR  
(Study on The Potency of Soil Microbes Isolated from Andisols of Dieng, Central Java,  
as S-Oxidizing Biofertilizer Inoculant)**

**Sudadi<sup>1)</sup>, Ika Ernawati<sup>2)</sup>, Sumarno<sup>1)</sup>, Widyatmani S. Dewi<sup>1)</sup>, dan Hery Widijanto<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fak. Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

<sup>2)</sup> Program Studi Agroteknologi, Fak. Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Contact author : sudadi\_uns@yahoo.com

**ABSTRACT**

*The problem of nutrient deficiencies tend to increase, including sulfur deficiency. The use of high purity NPK fertilizers stimulate sulfur deficiency in agricultural land. This problem can be corrected by the use of elemental sulfur accompanied with S-oxidizing biofertilizer. The study aimed to evaluate the potential of sulfur oxidizing microbial isolated from Andisols of Dieng Central Java as S-oxidizing inoculant. Andisols Dieng naturally contains high sulfur that allegedly inhabited many sulfur-oxidizing microbials. The research consisted of two experiments, each arranged in completely randomized design (CRD). Each experiment consist of two factors namely the kind of microbial isolated from Andisols Dieng and incubation time. The first experiment used Czapek-dox+elemental sulfur medium, while the second experiment used vermicompost as medium. The observed variables include soluble-S, bacterial density, biomass of fungi and medium pH. One isolate of bacteria (I<sub>1</sub>) and three isolates of fungi (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub>) taken from Andisol of Dieng showing their ability to oxidize sulfur in Czapek-dok agar medium. They were used as isolates in the experiment. The result of the first experiment showed that the oxidized sulfur increased with the length of incubation time as indicated by the increase of soluble-S, bacterial cell density or fungi biomass in the medium followed by the decrease of pH. The second experiment showed that the population of bacteria or fungi isolates and soluble-S of vermicompost were increased collaterally with incubation time. The fungi isolate of F<sub>2</sub> have the highest potency as inoculant of S-oxidizing biofertilizer as shown by it ability to survive, grows and oxidize S both in Czapek-dox+elemental sulfur liquid medium as well as in vermicompost medium.*

**Keywords** : *Andisols Dieng, biofertilizer inoculant, S-oxidizing microbes*

**PENDAHULUAN**

Kendala dalam budidaya tanaman yang berhubungan dengan masalah unsur hara semakin meningkat salah satu adalah kekahatan sulfur. Hal ini didorong oleh peralihan bentuk pupuk yang digunakan petani, dari yang mengandung unsur S menjadi pupuk yang berkermunian tinggi yang tidak mengandung S. Salah satu solusi dalam

mengatasi masalah kekahatan unsur sulfur adalah pemberian sulfur yang disertai pupuk hayati pengoksidasi S yang dapat membantu meningkatkan ketersediaan S di dalam tanah melalui proses-proses yang alami atau secara biologi. Efektivitas pupuk hayati pengoksidasi S sangat dipengaruhi oleh mikrobia inokulannya, maka perlu adanya penelitian untuk mencari/

menemukan mikrobial pengoksidasi S yang efektif dengan memanfaatkan mikrobial lokal misalnya dari tanah andisol pegunungan Dieng. Hal ini karena tanah di daerah Dieng masih mengandung sulfur alami sehingga diduga banyak dihuni oleh mikrobial pengoksidasi sulfur. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi mikrobial asal tanah andisol Dieng sebagai inokulum pupuk hayati pengoksidasi S.

#### **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Desember 2012 di Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Sampel tanah Andisols diambil dari daerah Dieng, Jawa Tengah dan isolasi mikrobial pengoksidasi S menggunakan media agar Czapekdox+sulfur elementer. Selanjutnya dilakukan percobaan untuk mengetahui kemampuan mikrobial hasil isolasi dalam mengoksidasi S di media Czapekdox+sulfur elementer cair dan di media vermikompos. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis isolat mikrobial dan waktu inkubasi (0,1,3 dan 6 hari), masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali. Percobaan II dengan dua faktor yaitu jenis isolat mikrobial dan waktu penyimpanan dalam *carrier* vermikompos selama 4 minggu dengan 3 ulangan. Masing-masing isolat mikrobial diinokulasikan dalam media cair Czapekdox+sulfur elementer dan

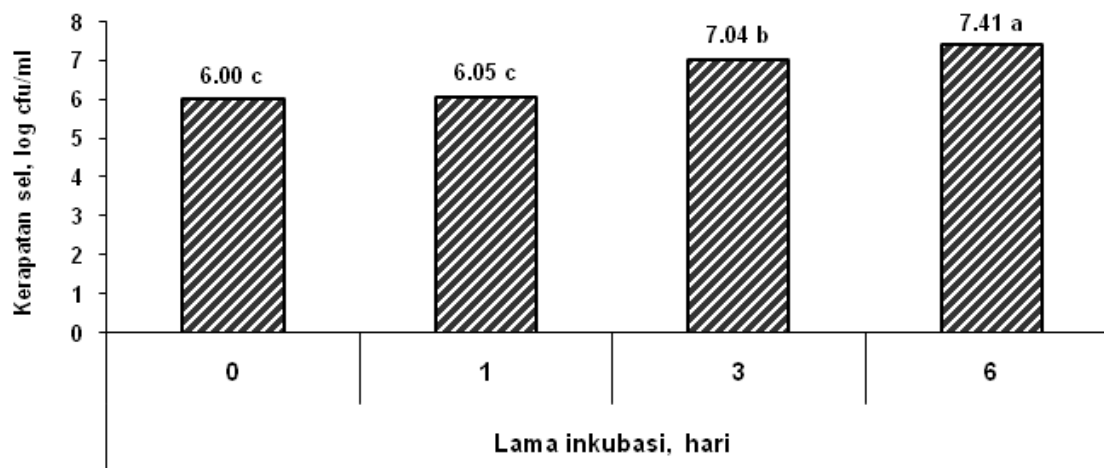
*carrier* vermikompos dengan kerapatan sel bakteri atau spora jamur sebesar  $10^6$ /ml (Sumarno et al. 2008). Pengamatan peubah meliputi kerapatan sel bakteri dan biomassa jamur, S-terlarut air, pH media cair Czapekdox+sulfur elementer dan *carrier* Vermikompos, Analisis data menggunakan uji F dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan kepercayaan 95%.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

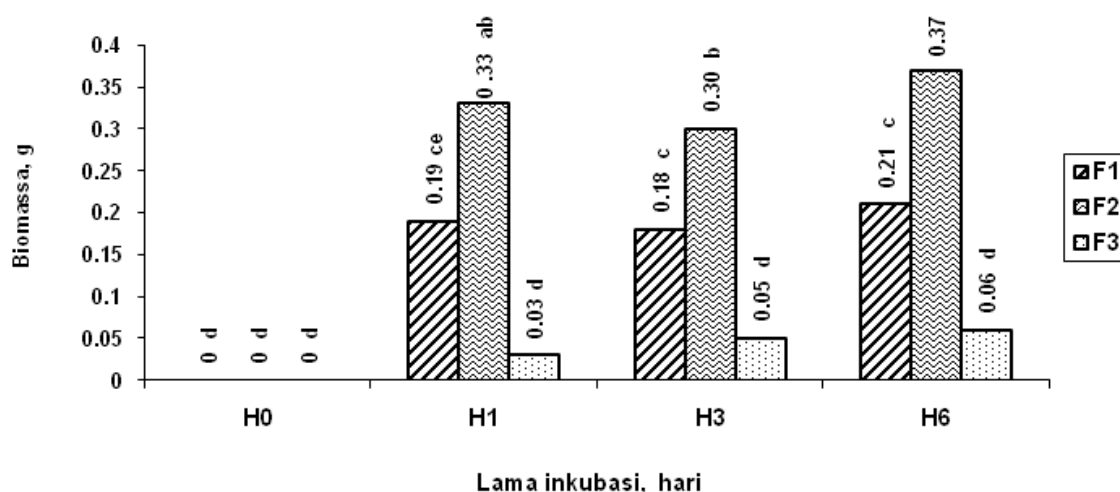
##### **Isolat mikrobial pengoksidasi S**

Dari hasil isolasi diperoleh empat isolat pengoksidasi S yaitu satu isolat bakteri ( $I_1$ ) dan tiga isolat jamur ( $F_1$ ,  $F_2$  dan  $F_3$ ). Berdasarkan pengamatan, isolat bakteri ( $I_1$ ) mempunyai ciri morfologi koloni yaitu bentuk bundar dengan warna putih susu, elevasi cembung dan tepian licin, sedangkan ciri morfologi sel yaitu bentuk batang, gram negatif.

Hasil identifikasi fungi yang dirujuk pada buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnett 1960), Mikrobiologi Tanah (Mulyani et al., 1991), dan Intisari Biologi (Stephen dan Bresnick, 2003) maka isolat jamur  $F_1$  diduga termasuk dalam genus *Aspergillus*, isolat  $F_2$  diduga termasuk dalam genus *Penicillium*, dan  $F_3$  diduga termasuk dalam genus *Fusarium*. Isolat jamur  $F_1$  mempunyai ciri morfologi koloni warna koloni kuning, pada tepinya berwarna putih pada umur 4 hari setelah isolasi, miselium tidak teratur dan pertumbuhan koloni tidak rata. Ciri morfologi sel meliputi konidiofor tegak lurus, spora berantai (konidia) dan miselium bercabang. Isolat



Gambar 1. Pengaruh lama inkubasi terhadap kerapatan sel isolat bakteri I<sub>1</sub> pada medium Czapek(Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada aras kepercayaan 95%).

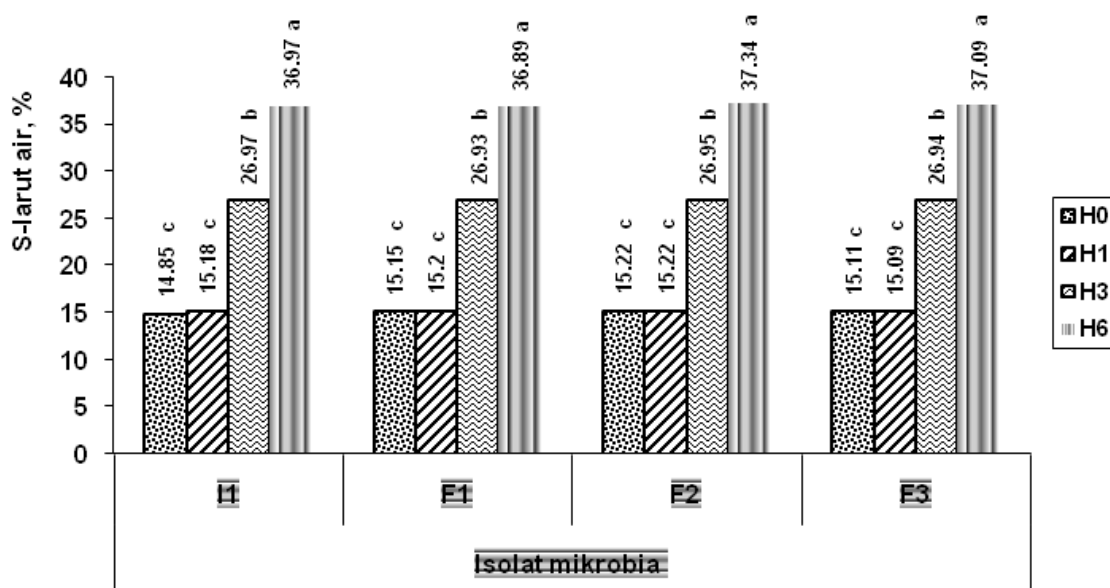


Gambar 2. Pengaruh jenis isolat dan lama inkubasi terhadap biomassa jamur (Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada aras kepercayaan 95%)

F<sub>2</sub> mempunyai ciri morfologi koloni (umur 5 hari) warna hijau, miselium teratur dan pertumbuhan koloni merata, tebal. Ciri morfologi sel meliputi miselium bercabang dan spora berantai (konidia). Isolat F<sub>3</sub> mempunyai ciri morfologi koloni pada umur 4 hari yaitu berwarna putih, miselium teratur dan pertumbuhan koloni rata, tebal. Ciri morfologi sel meliputi miselium bercabang, mikrokonidia berbentuk ovoid (berbentuk telur dengan satu ujungnya menyempit).

### Oksidasi sulfur dalam medium cair Czapek-dox+sulfur elementer

Hasil analisis ragam aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa lama inkubasi sangat nyata (P=0,000) pengaruhnya terhadap kerapatan sel bakteri I<sub>1</sub> pengoksidasi S pada media cair Czapek-dox+sulfur elementer. Pengaruh jenis isolat dan lama inkubasi sangat nyata (P=0,000) serta interaksi antar keduanya nyata (P=0,011) terhadap biomassa jamur pengoksidasi sulfur. Sampai akhir waktu inkubasi selama 6



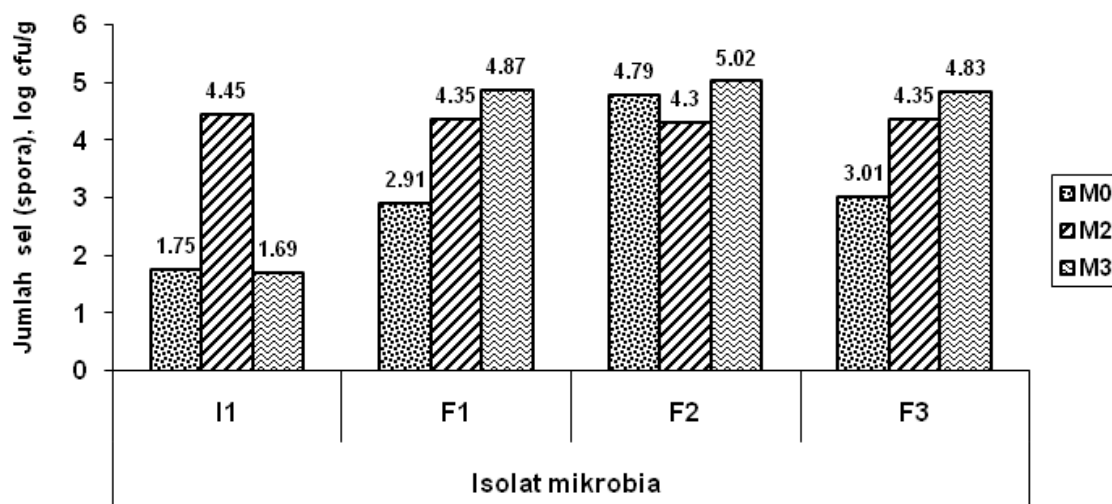
Gambar 3. Pengaruh jenis isolat dan lama inkubasi terhadap kadar S larut air pada media cair czapekdox+sulfur elementer (Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada aras kepercayaan 95%).

hari terjadi peningkatan kerapatan sel bakteri  $I_1$  (Gambar 1) dan biomassa jamur (Gambar 2). Hal ini dapat terjadi karena tercukupinya nutrisi untuk mendukung metabolismenya. Peningkatan kerapatan sel bakteri  $I_1$  atau biomassa jamur tersebut meningkatkan kemampuannya dalam mengoksidasi S dengan semakin meningkatnya waktu inkubasi.

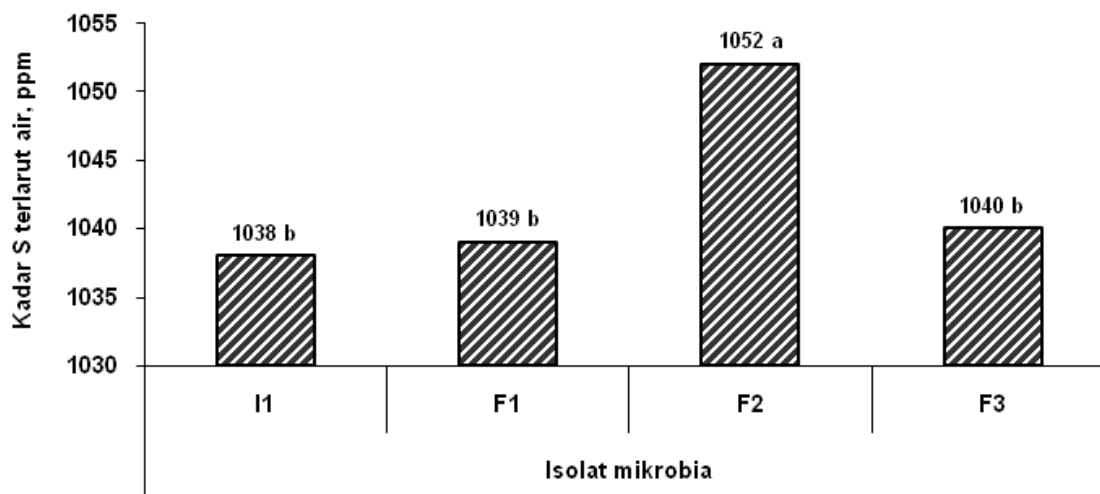
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis isolat, lama inkubasi, dan interaksi antar keduanya berpengaruh sangat nyata ( $P=0,000$ ) terhadap kadar S larut air. Gambar 3 menjelaskan bahwa sampai inkubasi hari ke-6 kadar S larut air mengalami peningkatan. Oksidasi S menyebabkan perubahan pH media cair czapekdox+sulfur elementer yang meningkat sampai hari ke-6, hal ini karena oksidasi sulfur elementer menjadi ion sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) akan menghasilkan ion  $H^+$  melalui reaksi  $S^0 + 1.5O_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$  (Anandham

et al., 2007; Oladele, 2005; Foth, 1991; Buckman dan Brady, 1982.). Selain itu, asam-asam organik yang dihasilkan mikrobial akan mendorong penurunan pH (Taalab et al., 2008; Rosmakam dan Yuwono, 2002). Mikrobial pengoksidasi S termasuk dalam mikroorganisme asidofil yang mampu tumbuh aktif pada pH sangat masam (Vidyalakshmi et al., 2009; Joshi et al., 2000; Ashman dan Puri, 2002; Alexander, 1976).

Isolat  $F_2$  mempunyai kemampuan yang unggul karena mampu melarutkan S paling tinggi (Gambar 3) dan mempunyai biomassa yang paling banyak (Gambar 2). Antara kerapatan sel bakteri  $I_1$  atau biomassa jamur dan kadar S larut air menunjukkan hubungan yang kurang erat ( $r = 0,062$ ), tetapi kerapatan sel bakteri  $I_1$  atau biomassa jamur memberikan pengaruh terhadap kadar S larut air. Karena selain dapat mengoksidasi S, mikrobial pengoksidasi S juga mampu melarutkan P yang dapat



Gambar 4. Pengaruh lama inkubasi terhadap populasi isolat bakteri dan jamur pengoksidasi S asal tanah Andisol Dieng pada medium vermikompos.



Gambar 5. Kadar S larut air medium vermikompos yang diinokulasi isolat bakteri dan jamur asal tanah Andisol Dieng pada akhir inkubasi 4 minggu. (Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada aras kepercayaan 95%)

mempengaruhi perubahan pH. Sudadi et al (2009) menyatakan bahwa jamur *P. nalgiovensis* mampu melarutkan P lebih banyak dibanding jamur *Aspergillus niger* pada konsentrasi inokulum jamur sampai  $10^6$  spora/ml medium.

#### Oksidasi sulfur dalam medium vermikompos

Untuk mengetahui potensi isolat-isolat pengoksidasi S sebagai inokulum pupuk hayati penyedia sulfur maka

dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuannya dalam mengoksidasi S pada medium padat vermikompos. Vermikompos merupakan bahan yang sering digunakan sebagai bahan pembawa (*carrier*) untuk pupuk organik bermikroba ataupun pupuk hayati. Menurut Supriyadi dan Sudadi 2001, bahan pembawa inokulum adalah suatu bahan yang berperan untuk menumbuhkan dan menyimpan suatu mikrobia hasil isolasi dari habitat asli

dan memudahkan inokulum tersebut untuk digunakan kembali.

Suatu bahan pembawa harus dapat menyediakan semua kebutuhan nutrisi dari mikrobial yang bersangkutan selama disimpan atau sebelum inokulum tersebut diinokulasikan ke biji, tanaman atau bahan-bahan yang lain. Uji F menunjukkan bahwa jenis isolat ( $P=0,166$ ), lama inkubasi ( $P=0,076$ ) dan interaksi antar keduanya ( $P=0,420$ ) tidak berpengaruh nyata terhadap populasi mikrobial pengoksidasi S namun ada kecenderungan semakin lama inkubasi menunjukkan populasinya semakin meningkat dengan meningkatnya waktu inkubasi. Jamur mempunyai adaptasi yang tinggi (Buckman dan Bardy 1982) dan dapat berkembang baik di tanah-tanah masam, netral dan alkali. Beberapa jenis jamur menyukai lingkungan dengan pH masam, sehingga di tanah masam populasi jamur lebih besar jika dibandingkan dengan populasi bakteri dan aktinomisetes.

Peningkatan populasi mikrobial pengoksidasi S ini juga dapat dipengaruhi oleh kandungan selulosa dalam carrier vermikompos yang digunakan. Mulyani et al. (1991) mengungkapkan bahwa kandungan selulosa dalam vermikompos dapat meningkatkan pertumbuhan jamur lebih tinggi karena kebanyakan golongan jamur dari beberapa species *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Sporotrichum*, *Fusarium*, dan *Chaetomium* mempunyai kemampuan yang kuat dalam mendekomposisi selulosa. Mikrobial mampu merombak selulosa menjadi senyawa-senyawa

monosakarida, alkohol, CO<sub>2</sub> dan asam-asam organik dengan dikeluarkannya enzim selulase (Rao 1994) dan sekitar 30-40% dari selulosa yang didekomposisi diubah ke dalam bahan sel. Hasil uji F pada aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat berpengaruh sangat nyata ( $P=0,000$ ), sedangkan lama inkubasi nyata ( $P=0,016$ ) pengaruhnya terhadap kadar S larut air. Interaksi antara jenis isolat dan lama inkubasi tidak berpengaruh nyata ( $P=0,391$ ) terhadap kadar S larut air. Semakin lama inkubasi maka kadar S larut air semakin meningkat. Pengoksidasi S yang paling tinggi adalah isolat F<sub>2</sub> (gambar 5) yang mampu mengoksidasi S terlarut sampai akhir waktu inkubasi selama 4 minggu sebesar 1052 ppm. Isolat jamur F<sub>2</sub> diduga termasuk genus *Penicillium* yang kuat dalam mengoksidasi sulfur, diantaranya *P. nalgiovense* (Sumarsih, 2001; Hamdani, 2004; Lukito, 2005; Supriyani, 2006; Wahyuningsih, 2006; Sudadi, 2012). Menurut Raistrick dan Ziffer (1951) jamur *P. nalgiovensis* mengeluarkan suatu senyawa *nalgiovensin and nalgiolexin*.

Populasi mikrobial pengoksidasi S dengan kadar S larut air mempunyai hubungan yang cukup erat ( $r = 0,285$ ). Inokulasi berbagai isolat mikrobial pengoksidasi S mampu meningkatkan oksidasi S pada carrier vermikompos sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan kadar S larut air.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan

bahwa (1) Isolat bakteri I<sub>1</sub>, dan isolat-isolat jamur F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> dan F<sub>3</sub> yang diperoleh dari tanah Andisol Dieng mampu mengoksidasi S baik pada media cair Czapekdox+sulfur elementer maupun pada bahan pembawa inokulum (*carrier*) vermikompos. Isolat-isolat tersebut berpotensi sebagai inokulum pupuk hayati pengoksidasi S. (2) Isolat jamur F<sub>2</sub> mempunyai pertumbuhan dan kemampuan mengoksidasi S paling tinggi baik pada media cair Czapekdox+sulfur elementer maupun *carrier* vermikompos sehingga mempunyai potensi paling besar sebagai inokulum pupuk hayati pengoksidasi S.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1976. *Introduction to Soil Microbiology Second Edition*. Cornell University. America.
- Anandham R, R. Sridar, P. Nalayini, S. Poonguzhali, M. Madhaiyan, and Tongmin SA. 2007. Potential for Plant Growth Promotion in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by Co-Inoculation of Sulfur-Oxidizing Bacteria and Rhizobium. *Microbiological Research, Science Direct* 162 (2007) 139-153.
- Ashman MR, dan G. Puri. 2002. *Essential Soil Science*. Blackwell Publishing. Australia.
- Barnett, HI. 1960. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgess Publishing Company. West Virginia. Page 63-73.
- Buckman, HO dan NC. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Bhartara Karya Aksara. Jakarta.
- Foth, HD. 1991. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Ketujuh*. Universitas Gadjah mada. Yogyakarta.
- Hamdani, D. 2004. *Pengaruh Pemberian Sulfur Dan Inokulum Jamur Pengoksidasi Sulfur (Aspergillus Japonicus dan Penicillium nalgiovese) Terhadap Ketersediaan Sulfat Pada Udipsament*. Skripsi. PS Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Joshi, N.R., AD. Agate, and KM. Paknikar. 2000. Polyamine patterns in iron and sulphur oxidizing bacteria isolated from an Indian copper mine indicate requirement of spermidine for growth under acid conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 16 : 631-634.
- Lukito, A. 2005. *Ketersediaan Sulfat Pada Entisol, Ultisol dan Vertisol yang Diberi Serbuk Belerang dan Inokulum Jamur Pengoksidasi Belerang (Aspergillus japonicus dan Penicillium nalgiovese)*. Skripsi. FP UGM Yogyakarta.
- Mulyani S., AG.Kartasapoetra, Sastroatmodjo S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rieka Cipta. Jakarta.
- Oladele, O. 2005. *Microbial Diversity : Biogeochemical Cycling of Phosphorus, Sulfur, Metals and Trace Elemen*. Blackwell Publishing. Australia.
- Rao, NSS. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman (Terjemahan : H. Susilo)*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Raistrick, H. and J. Ziffer. 1951. *Studies in the biochemistry of micro-organisms. The colouring matters*

- of *Penicillium nalgiovensis* Laxa. Part 1. Nalgiovensin and nalgiofaxin. Isolation, derivatives and partial structures. *Biochem J.* 49(5): 563–574.
- Rosmakam, A. dan NM. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sumarno, H. Widijanto, dan Sudadi. 2008. Inokulasi Jamur Pengoksidasi Belerang Pada Pupuk Fosfat Alam untuk Meningkatkan Fosfat dan Sulfat Tersedia Bagi Tanaman. *J. Sains Tanah* 5(2) Juli 2008:107-112. ISSN : 1412-3606.
- Supriyadi dan Sudadi. 2001. Efektivitas Bakteri Pelarut Fosfat Pada Beberapa Macam Bahan Pembawa Inokulum. *J. Sains Tanah* 1(1) Juli 2001 : 30-36. ISSN 1412-3606.
- Stephen D, dan MD. Bresnik. 2003. *Intisari Biologi*. Hipokrates. Jakarta. Hal. 47-49.
- Sudadi, ID. Prijambada, S. Kabirun, A. Maas, dan J. Widada. 2009. Potensi *Aspergillus japonicus* dan *Penicillium nalgiovensis* pengoksidasi belerang sebagai pelarut fosfat. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian*. Hal. 188-193.
- Sudadi. 2012. Rekayasa pupuk biosulfo berbahan batuan fosfat dan belerang yang diperkaya dengan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium nalgiovensis*. Disertasi. F. Pertanian UGM, Yogyakarta. xx + 238 hlm.
- Sumarsih, S. 2001. *Pertumbuhan Dan Daya Oksidasi Jamur Pengoksidasi Sulfur Pada Medium Dengan Sumber Karbon Glukosa Atau Polimernya*. Tesis. PPS Ilmu Tanah UGM. Yogyakarta.
- Supriyani, W. 2006. *Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap pelarutan fosfor (P) dari batuan fosfat oleh Aspergillus niger*. Skripsi. Program Studi Ilmu Tanah. FP UGM, Yogyakarta.
- Taalab A S, FA. Hellal, and MA. Abou-Seeda. 2008. Influence of Phosphate Fertilizers Enriched with Sulfur on Phosphorus Availability and Corn Yield in Calcareous Soil in Arid Region. Plant Nutrition Dept. National Research Centre, Dokki, Egypt. *Ozean Journal of Applied Sciences* 1(1), 2008 ISSN 1943-2429.
- Vidyalakshmi, Paranthaman R, and Bhakayaraj R. 2009. Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition. *World Journal of Agricultural Sciences* 2009 5 (3): 270-278.
- Wahyuningsih, S. 2006. *Pelarutan P dari batuan fosfat oleh aktivitas jamur pengoksidasi belerang*. Skripsi. Program Studi Ilmu Tanah. FP UGM, Yogyakarta.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari luaran penelitian Hibah Unggulan Perguruan Tinggi UNS TA 2012 yang berjudul **“Pengembangan pupuk alami bermikroba (Bio-natural fertilizer) untuk kacang tanah organik beromega-3 tinggi “** dengan ketua peneliti Dr. Ir. WS Dewi, MP. dan anggota Dr. Ir. Sudadi, MP., Ir. Sumarno, MP., Hery Widijanto, SP., MP serta Ika Ernawati mahasiswa yang terlibat dalam penelitian untuk penyelesaian skripsi. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktur DP2M Dikti dan Ketua LPPM UNS atas dana dan kepercayaan yang telah diberikan.