

**DINAMIKA POPULASI MIKROB PADA TANAH MASAM  
ASAL JASINGA BOGOR DAN LEBAK BANTEN**

*(Dynamics of Microb Population in Acid Soil from Jasinga Bogor and  
Lebak Banten)*

**Dewi Firnia\***

**Staff Pengajar Jurusan Agroetnologi Fakultas Pertanian  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

**Jl. Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan Serang, Banten**

**Telp. 0254-280330, Fax 0254-281254,**

**\*email: dewi.firnia@untirta.ac.id**

**ABSTRACT**

Acid mineral soils are soils that have properties such as low pH, low cation exchange capacity, low base saturation, low organic C, high Al saturation and high phosphorus fixation. The technical problem with acid soils is the low level of soil fertility which affects plant productivity. The purpose of this study was to determine the dynamics of the microb population on acid soils. The soil used was two *Typic Hapludults* from Neglasari Jasinga Village, Bogor and Padasuka Maja Lebak Village with different levels of Al-dd saturation. Soil microb population included total microbes, total sulfate reducing bacteria and total *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Acid soils from Jasinga and Lebak have soil conditions with acidic pH, low organic C content. For acid soils from Jasinga, the highest total of microbes was at a depth of 0-35 cm and the highest total of *Acidithiobacillus ferrooxidans* was at a depth of 0-35 cm. Whereas for acid soils from Lebak, the highest total of microbes was at a depth of 0-15 cm and the highest total of *Acidithiobacillus ferrooxidans* was at a depth of 15-40 cm. There was no population of sulfate-reducing bacteria in acid soils from Jasinga and Lebak.

**Keywords:** *Microb, Acidithiobacillus ferrooxidans, Sulfate reducing bacteria. Acid soil*

**PENDAHULUAN**

Tanah mineral masam umumnya memiliki pH yang sangat masam hingga agak masam, yaitu pH < 5.5, miskin akan basa dapat ditukar, kompleks jerapan didominasi oleh oksida dan

hidroksida Al dan Fe, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) lapisan atas tanah umumnya rendah sampai dengan sedang (Subagyo *et al.*, 2000). Kemasaman tanah mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah, termasuk ketersediaan hara dan toksisitas logam, yang juga

dapat mempengaruhi komunitas mikroba dalam banyak hal (Sylvia *et al.*, 2005). Mikroba dan tanaman lebih sesuai pada kondisi pH tanah mendekati netral pada kisaran pH 6 sampai 7, sehingga peningkatan kemasaman tanah sering disertai dengan perubahan jenis mikroba dan aktivitasnya di tanah. Pada kondisi pH tanah <5,5 dapat mempengaruhi aktivitas populasi mikroba dengan terganggunya membran sel, perubahan produksi enzim dan reproduksi terbatas. Ini sama dengan berkurangnya fungsi mikroba secara keseluruhan terhadap kesehatan dan produktivitas dalam tanah (Birgander *et al.*, 2014). Menurut Rousk *et al.* (2010), pada pH tanah < 5,5 akan mengakibatkan keseimbangan antara bakteri dan jamur tanah dimana keadaan lebih didominasi fungi, hal ini karena banyak bakteri tanah tidak mentoleransi kondisi tanah yang masam dengan baik. Menurut Kraal *et al.* (2009) bahwa kelarutan Al yang tinggi dapat menekan respirasi tanah, nitrifikasi, dan keragaman dari mikroba tanah. Kondisi pH yang rendah, konsentrasi logam yang tinggi dan bahan organik yang rendah merupakan permasalahan

utama pada tanah (Zanuzzi *et al.*, 2009; Martinez Pagan *et al.*, 2011) dan dapat mempengaruhi biomassa mikroba melalui penghambatan aktivitas mikroba (Utobo dan Tewari 2015). Populasi mikroba dalam tanah dapat menjadi indikator untuk menentukan produktivitas tanah (Sutedjo *et al.*, 1991).

Mikroba tanah memainkan peran penting dalam ekosistem tanaman-tanah, di mana mikroba tanah bertindak sebagai jembatan untuk adaptasi tanaman di tanah (Aroca dan Ruiz-Lozano 2009). Selain itu, mikroba tanah dapat berkontribusi besar dalam meremediasi tanah yang terkontaminasi logam berat (Garcia-Delgado *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2015). Berbagai kelompok mikroba yang mampu hidup pada kondisi ekstrim, baik pada pH rendah (asidofilik), pH tinggi (alkalofilik) dan suhu tinggi (termofilik) dapat ditemukan di lingkungan ini. Mikroba ini tergolong unik karena bakteri tersebut mempunyai kemampuan oksidasi atau reduksi terhadap logam berat atau garam-garam logam seperti besi (Fe) dan sulfur (S), dan dapat hidup pada pH

yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika populasi mikrob pada tanah masam asal Jasinga Bogor dan Lebak Banten.

### **BAHAN DAN METODE**

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua tanah *Typic Hapludults* asal Desa Neglasari Jasinga Bogor dan Desa Padasuka Maja Lebak Banten dengan tingkat kejenuhan Al-dd yang berbeda.

#### ***Isolasi dan Penghitungan Populasi Mikrob Tanah***

Mikrob diisolasi dari sampel tanah dari dua lokasi yaitu lokasi Desa Neglasari Jasinga Bogor dan Desa Padasuka Maja Lebak Banten. Media yang digunakan untuk kegiatan isolasi ini adalah *nutrient agar* (total bakteri), total mikrob menggunakan metode cawan hitung. Tahapan kerja metode cawan hitung sebagai berikut: 5 g contoh tanah kondisi lapang dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml yang berisi 4,5 ml larutan fisiologis (0,85% NaCl) dan dikocok dengan vorteks pada kecepatan 50 rpm selama 30 menit. Dengan demikian diperoleh larutan tanah dengan pengenceran 10 kali atau  $10^1$ . Selanjutnya diambil 1 ml

larutan tanah ( $10^1$ ) dengan pipet steril ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan fisiologis, kemudian dikocok kembali dengan vorteks dan diperoleh larutan dengan pengenceran  $10^2$ . Prosedur ini dilakukan sampai pengenceran  $10^6$  dilakukan dalam tempat yang steril (*laminar air flow*). Pada pengenceran  $10^4$ ,  $10^5$  dan  $10^6$  dipipet kembali sebanyak 1 ml ke dalam petri yang telah berisi *nutrient agar* untuk perhitungan total mikrob. Media dituang dalam kondisi yang tidak terlalu panas, sekitar  $40^\circ\text{C}$ . Inkubasi dilakukan 3 hari di dalam inkubator pada suhu  $35^\circ\text{C}$ . Penghitungan jumlah mikrob dilakukan dengan metode cawan hitung (Lay 1994).

#### ***Isolasi Acidithiobacillus ferrooxidans***

Bahan kimia untuk keperluan isolasi *Acidithiobacillus ferrooxidans* disajikan pada Tabel 1. Bahan kimia tersebut (terkecuali  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) dilarutkan dalam 800 ml akuades, diaduk, disterilkan pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan *autoclave* dan didinginkan. Untuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , dipersiapkan akuades steril ber-pH 3,5 sebanyak

200 ml.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan dalam cairan tersebut, dipanaskan sampai suhu  $50^\circ\text{C}$ , lalu didinginkan. Kedua larutan tersebut kemudian

dicampur secara aseptik. Media ini kemudian dibagi bagi ke dalam tabung isolasi steril.

Tabel 1. Komposisi medium cair dengan garam Ferro (Nurseha 2000)

Bahan kimia	Bobot (g/1000 ml)
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0,05
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,15
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,01
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,50
KCl	0,05
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,00

Isolasi dilakukan dengan menimbang 1 g contoh tanah tanah lapang ke dalam 9 ml larutan fisiologis (0,85% NaCl) steril, dikocok selama 15 menit, lalu diamkan untuk memisahkan endapannya. Satu mililiter larutan tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam media. Kultur tersebut selanjutnya diinkubasi pada suhu kamar. Isolasi dilakukan juga dengan cara memasukkan sampel langsung ke dalam media steril yang langsung diinkubasi sampai warna cairannya berubah. Medium isolasi yang digunakan berupa medium cair selektif, kemudian diinkubasi pada suhu kamar dalam kondisi dikocok dengan shaker dengan kecepatan 250 rpm, selanjutnya disimpan pada ruangan yang tidak terlalu banyak

cahaya. Perubahan warna media menjadi kuning atau kuning karat, menandakan terdapatnya *Acidithiobacillus ferrooxidans* (Bramantyo 2008).

#### ***Total Populasi Acidithiobacillus ferrooxidans***

Penetapan total populasi *Acidithiobacillus ferrooxidans* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) dengan media cair. Faktor pengenceran yang digunakan yaitu  $10^2, 10^3, 10^4$  setiap pengenceran terdapat tiga ulangan. Perhitungan MPN berdasarkan pada jumlah tabung reaksi yang positif yaitu ditandai dengan perubahan warna menjadi kuning karat setelah dilakukan inkubasi selama kurang lebih 14 hari pada suhu kamar.

### ***Isolasi Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS)***

Isolasi BPS mengikuti metode Atlas (1993) dengan komposisi media cair *Postgate B* yang disederhanakan. Komposisi untuk satu liter media cair terdiri atas: natrium laktat (8 ml),  $MgSO_4$  (1,0 g),  $NH_4Cl$  (0,5 g),  $KH_2PO_4$  (1,0 g),  $FePO_4$  (0,1 g) dan asam askorbat (0,5 g), glukosa (0,1 g),  $CaCl_2$  (0,1 g),  $Na_2SO_4$  (0,5 g), dan ekstrak khamir (0,1 g). Pengaturan pH 4 dilakukan dengan penambahan  $H_2SO_4$  sebelum disterilisasi. Suspensi contoh dibuat dengan cara 1 g contoh tanah dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan larutan garam fisiologis (0,85%) steril hingga 10 ml, dan dihomogenisasi dengan pengocokan menggunakan vorteks dan disebut sebagai pengenceran  $10^1$ . Selanjutnya 1 ml suspensi contoh tersebut dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan larutan garam fisiologis hingga 10 ml, lalu dihomogenisasi dan disebut sebagai pengenceran  $10^2$ . Selanjutnya dilakukan hal yang sama hingga  $10^4$ . Selanjutnya dipipet 1 ml larutan pengenceran  $10^2$ ,  $10^3$  dan  $10^4$

dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 1/3 media steril, kemudian ditambahkan media yang sama secara perlahan-lahan sampai penuh dan ditutup rapat. Media tersebut kemudian diinkubasi pada suhu  $35^\circ C$ . Tumbuhnya BPS ditandai dengan berubahnya media menjadi berwarna hitam (dengan terbentuknya sulfida) yang menunjukkan aktivitas BPS. Pengamatan dilakukan saat perubahan warna hingga seluruh media berwarna hitam. Isolat yang tumbuh diberi skor tingkat kepekatan warna hitamnya.

### ***Analisis Data***

Analisis data dilakukan dengan bantuan aplikasi *Software Microsoft Office Excel* untuk perhitungan dinamika populasi mikrob tanah pada tanah masam. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan dijelaskan secara deskriptif

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Kondisi Tanah Asal Jasinga Bogor dan Lebak Banten***

Penelitian dilakukan di dua lokasi tanah masam yaitu lahan kebun di desa Neglasari, Kecamatan Jasinga, Bogor (S  $06^\circ 27' 20.125''$ ,

E106°26'56.278"). Tanah di Jasinga dikelaskan sebagai *Typic Hapludults*. Topografi lokasi pengambilan tanah berkelas lereng landai sampai agak curam. Lokasi tersebut berupa kebun campuran dengan vegetasi tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*), cempedak (*Artocarpus campeden*), manggis (*Garcinia mangostana* L.), rambutan (*Nephelium lappaceum*), dan ketela pohon (*Manihot utilissima*), dan sebagian lahan diberakan. Lahan kebun yang kedua adalah Desa Padasuka Lebak Banten

(06°21'52.9"LS ;106°21'12.2"BT). Tanah ini diklasifikasikan sebagai *Typic hapludults* dengan topografi lokasi tergolong bergelombang. Lokasi ini merupakan kebun campuran (Tanaman Laos, Singkong, Melinjo dan rambutan). Hasil analisis Laboratorium pH dan C-Organik tanah di dua lokasi tanah masam disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa tanah dari Jasinga dan Lebak memiliki pH masam dan kadar C organik rendah.

Tabel 2. pH dan kandungan C-Organik pada kedalaman tanah masam asal Jasinga dan Lebak

Lokasi	Kedalaman (cm)	pH		C- organik (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl	
Jasinga	0-35	4.22	3.84	1.79
	35 - 70	4.35	3.88	1.47
	70 - 100	4.45	3.93	0.48
	100 -150	4.48	3.94	1.28
Lebak	0-15	4.46	3.72	1.58
	15-40	4.51	3.75	1.14
	40-70	4.22	3.72	0.92
	70-120	4.53	3.74	0.86

### ***Populasi Mikrob Tanah***

Populasi total mikrob, total BPS dan total *Acidithiobacillus ferrooxidans* pada tiap kedalaman tanah masam semakin berkurang seiring dengan meningkatnya nilai pH tanah dan kandungan C-organik tanah. Menurut Waluyo (2009), pertumbuhan dan perkembangan bakteri salah satunya dipengaruhi oleh pH. Sebagian besar bakteri tumbuh pada rentang pH netral, dan sangat sedikit bakteri yang dapat tumbuh pada  $\text{pH} \leq 3$ , contohnya bakteri kelompok asidofilik yaitu *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Keberadaan mikrob dalam tanah membantu dalam proses biokimia bahan-bahan organik yang mana mikrob mendekomposisikan bahan organik secara enzimatik sehingga hara menjadi tersedia bagi tanaman. Disamping itu pula mikrob bersimbiosis dengan tanaman dapat membantu dalam pembentukan dan stabilitas agregat tanah melalui produksi eksudat, metabolik

sekunder dan input organik yang bertindak sebagai perekat antara bahan organik dan bahan inorganik. Peningkatan bahan organik dapat dikaitkan dengan peningkatan biomassa dan aktivitas mikrob yang menghasilkan bahan ekstra selular polisakarida yang berperan sebagai agen penyemen agregat tanah. Berdasarkan Tabel 3, 4 dan 5 populasi total mikrob tanah mengalami penurunan seiring kedalaman tanah. Untuk tanah asal Jasinga total mikrob terbanyak pada kedalaman 0-35 cm dan total *Acidithiobacillus ferrooxidans* terbanyak pada kedalaman 0-35 cm. Sedangkan untuk tanah asal Lebak, total mikrob terbanyak pada kedalaman 0-15 cm dan total *Acidithiobacillus ferrooxidans* terbanyak pada kedalaman 15-40 cm. Perkembangan jumlah mikroba dalam tanah tergantung pada keadaan tanah seperti persediaan makanan, suhu, kelembaban, aerasi, persediaan oksigen dan sifat bahan organik (Soepardi 1983).

Tabel 3. Total mikrob, pada kedalaman tanah masam asal Jasinga dan Lebak

Kedalaman (cm)	Total Mikrob (x 10 <sup>5</sup> cfu/g)
----------------	---

<i>Jasinga</i>	
0-35	8.00
35 - 70	3.06
70 - 100	5.16
100 -150	4.09
<i>Lebak</i>	
0-15	1.89
15-40	0.32
40-70	0.71
70-120	0.22

Tabel 4 Total *Acidithobacillus ferrooxidans* pada kedalaman tanah masam asal Jasinga dan Lebak

Kedalaman (cm)	Warna	Hasil	<i>A.ferrooxidans</i>	Waktu
			(x10 <sup>2</sup> Apm.g <sup>-1</sup> )	Tumbuh
<i>Jasinga</i>				
0-35	Karat sedang	+	2,5	7 hari
35 - 70	Karat sedang	+	2,5	7 hari
70 - 100	Karat sedang	+	0,6	7 hari
100 -150	Karat sedang	+	0,4	7 hari
<i>Lebak</i>				
0-15	bening	-	0,0	0 hari
15-40	Karat sedang	.+	2,5	14 hari
40-70	bening	-	0,0	0 hari
70-120	bening	-	0,0	0 hari

Tabel 5 Total bakteri pereduksi sulfat pada kedalaman tanah masam asal Jasinga dan Lebak

Kedalaman				
(cm)	Warna	Hasil	BPS ( x 10 <sup>2</sup> Apm.g <sup>-1</sup> )	Waktu Tumbuh
<i>Jasinga</i>				
0-35	bening	-	0	0 hari
35 - 70	bening	-	0	0 hari
70 - 100	bening	-	0	0 hari
100 -150	bening	-	0	0 hari
<i>Lebak</i>				
0-15	bening	-	0	0 hari
15-40	bening	-	0	0 hari
40-70	bening	-	0	0 hari
70-120	bening	-	0	0 hari

Faktor yang sangat mempengaruhi jumlah bakteri tersebut yaitu kandungan oksigen yang semakin berkurang di dalam sampel sehingga pertumbuhan bakteri aerob akan menjadi terhambat dan akan mati. Menurut Susilawati *et al.* (2013) pH tanah berkaitan erat dengan kandungan unsur hara di mana bakteri tanah pada umumnya tidak dapat bertahan hidup pada pH tanah yang terlalu masam. Kondisi tanah yang masam dan tingginya kadar sulfat dapat mengganggu kehidupan bakteri.

*Acidithiobacillus ferrooxidans* adalah satu-satunya mikroorganisme yang mampu mengoksidasi pirit dalam tanah. Mikroorganisme ini hanya dapat bekerja pada pH rendah. Pertumbuhan bakteri *Acidithiobacillus ferrooxidans* diindikasikan dengan berubahnya warna media menjadi kuning karat. Menurut Nurseha (2000) perubahan warna ini disebabkan oleh teroksidasinya ion ferro menjadi ion ferri oleh aktivitas mikrob yang diisolasi. Berdasarkan hasil isolasi, masing-masing contoh tanah dari tiap horison memiliki karakteristik

yang berbeda-beda dilihat dari waktu tumbuh dan kemampuannya dalam mengoksidasi besi. Beberapa sampel dapat tumbuh dengan cepat yaitu dalam waktu 7 sampai 14 hari inkubasi. Pada tanah Jasinga pada kedalaman 0-70 cm populasi *Acidithiobacillus ferrooxidans* lebih tinggi populasinya dengan tingkat kekaratan sedang dengan waktu tumbuh 7 hari sedangkan tanah Lebak populasi *Acidithiobacillus ferrooxidans* terdapat pada kedalaman 15-40 cm dengan tingkat kekaratan sedang dengan waktu tumbuh 14 hari. Tingkat waktu tumbuh yang berbeda menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mengoksidasi besi. Terbentuknya karat pada medium diduga karena terjadinya oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  oleh *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurseha (2000), terbentuknya karat pada medium disebabkan oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$ . Ion ferri merupakan ion tidak larut, lebih banyak terendapkan, dan membentuk karat (Waluyo 2009). Oleh karena itu, semakin banyak ion

ferri yang terbentuk dari reaksi oksidasi maka karat yang terbentuk akan semakin tinggi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa total mikroba *Acidithiobacillus ferrooxidans* menurun seiring kedalaman tanah. Pengurangan jumlah bakteri *Acidithiobacillus ferrooxidans* diduga berkaitan dengan perubahan kondisi tanah yang mendukung perkembangan mikrob tersebut, seperti penurunan kadar bahan organik, perubahan pH tanah atau faktor lainnya. Menurut Widyati (2013), dinamika populasi mikrob dipengaruhi oleh faktor unsur hara, kelembaban, aerasi tanah, suhu, pH, praktek pertanian, pemupukan, pemakaian pestisida, serta penambahan bahan organik. Menurut Kelly dan Wood (2000), *Acidithiobacillus ferrooxidans* merupakan mikrob asidofilik, yaitu mikrob yang tumbuh pada lingkungan ber pH rendah.

Pada tanah masam asal Jasinga dan Lebak tidak ditemukan populasi bakteri pereduksi sulfat (Tabel 5). Hal tersebut diduga berkaitan dengan kadar bahan organik yang rendah pada tanah tersebut. Selain sulfat, bakteri

pereduksi sulfat juga menggunakan substrat organik, umumnya asam organik rantai pendek seperti asam laktat dan piruvat yang dihasilkan oleh bakteri anaerob lainnya (Muyzer and Stams 2008). Pertumbuhan BPS terutama dipengaruhi oleh pH dan ketersediaan organik sederhana. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri dapat melalui dua cara, yaitu melalui (1) fungsi sistem enzimatis dalam sel bakteri dan (2) pembentukan energi dalam sel. Perubahan pH secara langsung mempengaruhi struktur enzim dan protein lain dalam sel, karena aktivitas fisiologis intraselular selalu berada dalam kondisi mendekati netral. Oleh karena itu, sel bakteri perlu melakukan proses penyesuaian apabila kondisi lingkungan di luar sel terlalu masam atau terlalu basa. Umumnya bakteri pereduksi sulfat membutuhkan kemasaman optimum pada pH 5-6 (Brateova *et al.*, 2002).

### SIMPULAN

Tanah masam asal Jasinga dan Lebak memiliki kondisi tanah dengan pH masam, kadar C organik rendah. Untuk tanah masam asal

Jasinga total mikrob terbanyak pada kedalaman 0-35 cm dan total *Acidithiobacillus ferrooxidans* terbanyak pada kedalaman 0-35 cm. Sedangkan untuk tanah masam asal Lebak, total mikrob terbanyak pada kedalaman 0-15 cm dan total *Acidithiobacillus ferrooxidans* terbanyak pada kedalaman 15-40 cm. Tidak terdapat populasi bakteri pereduksi sulfat pada tanah masam asal Jasinga dan Lebak.

### DAFTAR PUSTAKA

- Birgander, J., Rousk, J., Olsson, P.A. 2014. *Comparison of Fertility and Seasonal Effects on Grassland Microbial Communities*. *Soil Biology & Biochemistry*. 76: 80–89.
- Bractova, S., Groudev, S., Georgiev, P. 2002. The Effect of some Essential Environmental Factors on Microbial Dissimilatory Sulphate Reduction. *Annual of the University of Mining and Geology St Iavn Ritski*. Vol 44-45. Part II. Mining and Mineral Processing pp. 123-127.
- Bramantyo, I. 2008. Isolasi dan karakterisasi *Thiobacillus ferrooxidans* dari berbagai Jenis Tanah. Institut Pertanian Bogor.
- Garcia-Delgado, C., Yunta, F., Eymar, E. 2015.

- Bioremediation of Multi-Polluted Soil by Spent Mushroom (*Agaricus bisporus*) substrate: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Degradation and Pb Availability. *Journal of Hazardous Materials*. 300: 281-288.
- Kelly, D.P., Wood, A.P. 2000. Reclassification of some Species of *Thiobacillus* to the Newly Designated Genera *Acidithiobacillus* gen nov, *Halothiobacillus* gen nov, and *Thermithiobacillus* gen nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 511-516.
- Kraal, P., Nierop, K.G.J., Kaal, J., Tietema, A. 2009. Carbon Respiration and Nitrogen Dynamics in Corsican Pine Litter Amended with Aluminium and Tannins. *Soil Biol Biochem.* 4: 2318-2327.
- Martinez-Pagan P., Faz, A., Acosta, J.A., Carmona, D.M., Martinez-Martinez S. 2011. A Multidisciplinary Study Forming Landscape Reclamation: a Study Case on Two Tailing Ponds in the Region of Murcia (SE Spain). *Phys Chem Earth.* 36: 1331-1344
- Nurseha. 2000. Isolasi dan Uji aktivitas Bakteri Asidofilik Pengoksidasi Besi dan Sulfur dari Ekosistem Air Hitam. [thesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Qian, L., Chen, B. 2013. Dual Role of Biochars as Adsorbents for Aluminum: the Effects of Oxygen-Containing Organic Components and the Scattering of Silicate Particles. *Environ Sci Technol.* 47: 8759-8768.
- Rousk, J., Baat, E., Brookes, P.C., Lauber, C.L., Lozupone, C., Caporaso, J.G., Fierer. 2010. Soil Bacterial and Fungal Communities Across a pH Gradient in an Arable Soil. *ISME Journal.* 4(10): 1340-1351.
- Subagyo, H., Suharta, N., Siswanto, A.B. 2000. Tanah Tanah Pertanian di Indonesia. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 21-65
- Susilawati, H.L., Ariani, M., Kartikawati, R., Setyanto, P. 2013. Ameliorasi Tanah Gambut Meningkatkan Produksi Padi dan Menekan Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Agroinovasi* 6: 141-142.
- Sutedjo, M.M., Kartasapoetra, A.G., Sastroatmodjo, S. 1991. Soil Microbiology. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Shazana, M., Shamshuddin, J., Fauziah, .C, Syed Omar S. 2013. Alleviating the Infertility of an Acid

- Sulphate Soil by Using Ground Basalt with or without Lime and Organic Fertilizer under Submerged Conditions. *Land Degrad Dev.* 24: 129-140.
- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.G., Hartel, P.G., Zuberer, D.A., eds. 2005. Principles and Applications of Soil Microbiology (No. QR111 S674 2005). Upper Saddle River, NJ, Pearson Prentice Hall.
- Utobo, E.B., Tewari, L. 2015. Soil Enzymes as Bioindicators of Soil Ecosystem Status. *Appl Ecol Environ Res.* 13: 147-399.
- Widyati, E. 2013. Memahami Interaksi tanaman-mikroba. *Jurnal Tekno Hutan Tanaman.* 6 (1): 13-20.
- Zanuzzi, A., Arocena, J.M., van Mourik, J.M., Faz, A. 2009. Amendments with Organic Undustrial Wastes Stimulate Soil Formation in Mine Tailings as Revealed by Micromorphology. *Geoderma.* 154: 69-75.