

## **POPULASI BAKTERI PENAMBAT NITROGEN DAN KARAKTERISTIK TANAH PADA RHIZOSFER TANAMAN PAKAN LEGUMINOSA DAN RUMPUT DI LAHAN KERING PADA MUSIM HUJAN**

Wulandari, F<sup>1)</sup>, S. A. Lindawati<sup>2)</sup>, N. G. K. Roni<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Sarjana Peternakan, Fapet Unud, Denpasar, Bali

<sup>2)</sup>Dosen Program Studi Sarjana Peternakan, Fapet Unud, Denpasar, Bali  
Email: fitriwulan50@yahoo.co.id.

### **ABSTRAK**

Hijauan pakan sebagai pakan utama bagi ternak ruminansia perlu diperhatikan ketersediaannya sepanjang tahun. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan hijauan pakan sepanjang tahun yaitu pengaruh musim, kondisi lahan, dan keberadaan mikroba tanah. Salah satu mikroba tanah yang penting yaitu bakteri penambat nitrogen (N). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui populasi bakteri penambat nitrogen dan karakteristik tanah pada rhizosfer tanaman pakan leguminosa dan rumput di lahan kering pada musim hujan. Penelitian dilaksanakan di Stasiun Penelitian Fakultas Peternakan Universitas Udayana Desa Pengotan Kabupaten Bangli, dilanjutkan dengan analisis sampel di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak dan Mikrobiologi Fakultas Peternakan dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana selama 3 bulan. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan dan 4 ulangan. Kelima perlakuan tersebut adalah non rhizosfer (NR), rhizosfer *Gliricidia sepium* (RG), rhizosfer *Stylosanthes guianensis* (RS), rhizosfer *Brachiaria decumbens* (RB), dan rhizosfer *Pennisetum purpureum* (RP). Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu populasi bakteri penambat N, unsur N, derajat keasaman (pH) tanah, suhu tanah, dan tekstur tanah. Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan sidik ragam, apabila terdapat perbedaan yang nyata ( $P < 0,05$ ) maka analisis dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri penambat N, unsur N, dan tekstur tanah berbeda tidak nyata, sedangkan derajat keasaman (pH) dan suhu tanah berbeda nyata dipengaruhi oleh rhizosfer tanaman. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa populasi bakteri penambat N, unsur N, dan tekstur tanah tidak dipengaruhi oleh rhizosfer tanaman, derajat keasaman (pH) tanah menurun pada semua rhizosfer tanaman, sedangkan suhu tanah meningkat pada rhizosfer *Gliricidia sepium* dan *Pennisetum purpureum*.

*Kata kunci: bakteri penambat nitrogen, karakteristik tanah, rhizosfer*

## **POPULATION OF NITROGEN FIXING BACTERIA AND SOIL CHARACTERISTICS IN RHIZOSPHERE OF LEGUMES AND GRASS AT DRY LAND IN RAINY SEASON**

### **ABSTRACT**

Forage as the main feed for ruminants needs to be considered for availability throughout the year. Factors that influence the availability of forage for feed throughout the year are the influence of the season, the condition of the land, and the presence of soil microorganism. One of the important soil microorganism is nitrogen fixing bacteria (N). This study aimed to determine the population of nitrogen fixing bacteria and soil characteristics in the rhizosphere of legumes and grass at dry land in rainy season. The study was conducted at the Research Station of the Faculty of Animal Husbandry, Udayana University, Pengotan Village, Bangli Regency, followed by a sample analysis at the Animal Production and Microbiology Technology Laboratory, Faculty of Animal Husbandry and the Laboratory of Soil Science, Faculty of Agriculture, Udayana University for 3 months. The design used was a completely randomized design consisting of 5 treatments and 4 replications. The five treatments were non rhizosphere (NR), *Gliricidia sepium* rhizosphere (RG), *Stylosanthes guianensis* rhizosphere (RS), *Brachiaria decumbens* rhizosphere (RB), and *Pennisetum purpureum* rhizosphere (RP). The variables observed in this study are the population of N-fixing bacteria, N elements, soil acidity (pH), soil temperature, and soil texture. The data obtained from this study were analyzed using annova, if there were significant differences ( $P < 0.05$ ) the analysis was continued by Duncan's multiple range test. The results showed that the population of N-fixing bacteria, N elements, and soil texture were not significantly different, while the acidity (pH) and soil temperature were significantly different influenced by the rhizosphere of

the plant. Based on the results of the study it can be concluded that the population of N-fixing bacteria, N elements, and soil texture was not affected by the rhizosphere of the plant, the acidity (pH) of the soil decreases in all rhizosphere of plants, while the soil of temperature increases in *Gliricidia sepium* and *Pennisetum purpureum* rhizosphere.

*Key words: nitrogen fixing bacteria, soil characteristics, rhizosphere*

## PENDAHULUAN

Pakan merupakan komponen utama di dalam ekonomi usaha peternakan karena diperkirakan dapat menyumbang biaya 50–60% dari total biaya produksi (Devendra dan Sevilla, 2002). Hijauan pakan merupakan pakan utama bagi ternak terutama ruminansia. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam peningkatan produktivitas ternak adalah penyediaan pakan sepanjang tahun. Faktor penghambat penyediaan hijauan pakan sepanjang tahun bagi ternak ruminansia diantaranya adalah pengaruh musim dan kondisi lahan yang meliputi kesuburan tanah. Pada musim kemarau produksi hijauan pakan menurun, sedangkan pada musim hujan produksinya meningkat (Sajimin *et al.*, 2006). Kesuburan tanah turut dipengaruhi oleh karakteristik tanah yang meliputi derajat keasaman (pH) tanah, suhu tanah, dan tekstur tanah berupa fraksi debu, pasir, dan liat karena berperan terhadap pengikatan air dan bahan organik serta ketersediaan unsur hara (Hanafiah, 2014).

Produktivitas tanaman pakan juga dipengaruhi oleh keberadaan mikroba tanah yang hidup di daerah sekitar perakaran tanaman (rhizosfer) yang salah satu perannya adalah membantu ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Rhizosfer merupakan daerah sekitar perakaran yang sifat-sifatnya baik kimia, fisik, dan biologi dipengaruhi oleh aktivitas perakaran (Handayanto dan Hairiah, 2007). Komposisi bakteri akan berbeda pada setiap lokasi tergantung pada jenis tanah, spesies tanaman, musim yang berbeda, serta dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat (Marschner *et al.*, 2004). Hasil penelitian Roni dan Lindawati (2016) menyatakan bahwa pada rhizosfer tanaman gamal memiliki populasi bakteri penambat N-non simbiotik genus *Azotobacter* sp. dengan jumlah koloni  $83 \times 10^5$  cfu/g tanah.

Unsur hara yang penyediaannya melibatkan aktivitas mikroba salah satunya adalah unsur nitrogen (N). Menurut Notohadiprawiro (2000), unsur hara N tersedia melimpah di udara, yaitu kurang lebih 78% dari total kandungan udara adalah nitrogen dalam bentuk  $N_2$ , tetapi  $N_2$  tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman sehingga harus ditambah atau difiksasi oleh mikroba dan diubah bentuknya menjadi nitrat ( $NO_3^-$ ) dan ammonium ( $NH_4^+$ ) yang tersedia bagi tanaman. Tania *et al.* (2012) menyatakan

bahwa bila unsur N cukup tersedia bagi tanaman maka kandungan klorofil pada daun akan meningkat sehingga proses fotosintesis berjalan lebih optimal. Menurut Wu *et al.* (1995) optimalisasi penambatan nitrogen udara secara biologis merupakan alternatif yang tepat untuk mengurangi penggunaan pupuk N.

## MATERI DAN METODE

### Materi

#### Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Stasiun Penelitian Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Desa Pengotan, Kabupaten Bangli. Dilanjutkan dengan analisis sampel tanah di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak dan Mikrobiologi Fakultas Peternakan dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai Februari 2018.

#### Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari non rhizosfer dan rhizosfer tanaman leguminosa (*Gliricidia sepium*, *Stylosanthes guianensis*) dan rumput (*Brachiaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*) secara komposit pada kedalaman 20 cm. Setelah itu tanah dibersihkan dari kotoran lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah diberi label, selanjutnya sampel tanah dimasukkan ke dalam termos yang sudah diisi dengan es batu. Sampel tanah siap untuk dianalisis di laboratorium.

#### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu es batu, kapas, aquadest, tissue, pepton, spiritus, dan media Asbhy's Mannitol Agar.

#### Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah seperti bor tanah, termos, sekop kecil, kantong plastik, dan kertas label. Alat yang digunakan untuk analisis populasi bakteri penambat N yaitu gelas beaker, erlenmeyer, tabung reaksi, inkubator, lampu spiritus, pipet ukur dengan ukuran 1, 5, dan 10 ml, autoklaf, timbangan analitik, batang pengaduk, gelas ukur, vortex, oven, dan aquades.

Peralatan yang digunakan untuk analisis unsur N yaitu labu Kjeldahl 500 ml, destilator, botol reaksi 30 ml,

tabung reaksi 20 ml, rak tabung reaksi, labu ukur dengan ukuran 50 ml, 100 ml, 500 ml, 1000 ml, pipet volume ukuran 20 ml dan 50 ml, oven, timbangan, kuvet 10 ml, botol aquades, kertas saring, botol plastik bertutup. Alat yang digunakan untuk analisis karakteristik tanah yaitu kertas saring, gelas ukur 50 ml, mesin pengocok, botol kocok 100 ml, labu semprot 500 ml, pH meter.

## Metode

### Rancangan penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan metode survei lapangan. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara *purposive sampling* (pengambilan sampel secara acak sederhana). Model pengamatan yang dilakukan mengikuti model linier aditif dengan asumsi bahwa perbedaan populasi bakteri penambat N disebabkan oleh perbedaan jenis tanaman, sedangkan faktor lain yaitu musim, lahan, dan tanah diasumsikan seragam (homogen).

Model matematis:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Keterangan:

$i$  = 1, 2, 3, 4

$j$  = 1, 2, 3, 4

$Y_{ij}$  = Respon dari pengaruh tanaman ke- $i$  pada ulangan ke- $j$

$\mu$  = Rata-rata umum respon

$\alpha_i$  = Pengaruh jenis tanaman ke- $i$

$E_{ij}$  = Pengaruh galat dari tanaman ke- $i$  pada ulangan ke- $j$

Pengamatan dilakukan terhadap non rhizosfer (NR), rhizosfer *Gliricidia sepium* (RG), rhizosfer *Stylosanthes guianensis* (RS), rhizosfer *Brachiaria decumbens* (RB), rhizosfer *Pennisetum purpureum* (RP) dengan 4 kali ulangan.

### Prosedur penelitian

Cara pengambilan sampel tanah masing-masing di empat titik sampel, untuk non rhizosfer pengambilan sampel dilakukan di luar area kanopi tanaman, sedangkan untuk rhizosfer tanaman *Gliricidia sepium*, *Stylosanthes guianensis*, *Brachiaria decumbens*, dan *Pennisetum purpureum* pengambilan sampel dilakukan di area kanopi tanaman.

## Variabel Pengamatan

### Populasi bakteri penambat N (cfu/g)

Analisis populasi bakteri penambat N menggunakan metode tuang (Waluyo, 2005). Penghitungan koloni yang tumbuh berdasarkan metode hitungan cawan (Setiyono, 2013). Perhitungan populasi bakteri dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Populasi bakteri} = n \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \text{ cfu/g}$$

Keterangan:

$n$  = Jumlah koloni yang terdapat pada tabung seri pengenceran ke 10x

cfu/g = Colony Forming Unity/g

### Unsur N (%)

Analisis unsur N menggunakan metode kjeldahl. Perhitungan analisis kandungan unsur N yaitu:

$$\% N = \frac{(A1-A2) \times N \times 1,4 \times 100}{\text{mg sampe}}$$

Keterangan:

A1-2 = ml selisih titrasi contoh dan blangko

N = normalitas H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

1,4 = berat atom nitrogen

### Derajat keasaman (pH) tanah

Analisis pH tanah dengan cara menimbang 10 g sampel tanah yang sudah disaring, kemudian dimasukkan ke dalam botol kocok dan ditambah 50 ml aquades, setelah itu dikocok ± 30 menit. Didiamkan beberapa saat hingga partikel tanah mengendap, kemudian dilakukan pengukuran pH tanah menggunakan pH meter. Pengukuran pH tanah juga dapat dilakukan di lapangan menggunakan pH meter atau pH meter portabel.

### Suhu tanah (°C)

Analisis suhu tanah dilakukan di Stasiun Penelitian Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Desa Pengotan, Kabupaten Bangli dengan cara membuat lubang (seukuran dengan termometer) dan kedalaman 20 cm, kemudian dimasukkan termometer ke dalam lubang, dibiarkan selama 5 menit, lalu dilihat suhunya.

### Tekstur tanah (%)

Analisis tekstur tanah dilakukan menggunakan metode pipet.

### Analisis statistik

Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila terdapat perbedaan yang nyata ( $P < 0,05$ ) dari rata-rata pengaruh jenis tanaman maka analisis dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (Steel dan Torrie, 1993). Data mikroba sebelum dianalisis ditransformasi terlebih dahulu ke dalam bentuk

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Populasi Bakteri Penambat N (cfu/g)

Populasi bakteri penambat N pada perlakuan RG, RS, dan RP cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan NR. Hal ini dikarenakan pada rhizosfer terdapat eksudat akar yang merupakan salah satu faktor pendukung pertumbuhan mikroorganisme. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Simatupang (2008) yang menyatakan bahwa populasi mikroba di rhizosfer lebih tinggi dibanding dengan non rhizosfer baik secara kuantitas maupun kualitas.

Populasi bakteri penambat N pada perlakuan RB

Tabel 1 Populasi bakteri penambat N dan unsur N pada non rhizosfer dan rhizosfer tanaman pakan leguminosa (*Gliricidia sepium*, *Stylosanthes guianensis*) dan rumput (*Brachiaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*) di lahan kering pada musim hujan

Peubah	Perlakuan <sup>1)</sup>					SEM <sup>2)</sup>
	NR	RG	RS	RB	RP	
Populasi bakteri penambat N (cfu/g)	5,73 × 10 <sup>6a 3)</sup>	7,75 × 10 <sup>6a</sup>	6,53 × 10 <sup>6a</sup>	4,35 × 10 <sup>6a</sup>	6,85 × 10 <sup>6a</sup>	1,02
Unsur N (%)	0,075 <sup>a</sup>	0,085 <sup>a</sup>	0,055 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,080 <sup>a</sup>	0,009

Keterangan:

1) NR = Non Rhizosfer, RG = Rhizosfer *Gliricidia sepium*, RS = Rhizosfer *Stylosanthes guianensis*, RB = Rhizosfer *Brachiaria decumbens*, RP = Rhizosfer *Pennisetum purpureum*

2) SEM (Standard Error of the Treatment Means)

3) Nilai dengan huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0.05)

tidak nyata (P>0,05) lebih rendah dibandingkan dengan NR. Hal ini disebabkan oleh keadaan tanaman RB pada saat pengambilan sampel tidak dalam masa pertumbuhan optimal sehingga berpengaruh terhadap penurunan eksudat akar yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Prihastuti (2011) yang menyatakan bahwa umur dan tingkat kesehatan tanaman, kelembaban, suhu, aerasi, kandungan bahan organik, kemasaman tanah, suplai hara anorganik, jenis tanah, tekstur tanah berperan dalam menentukan populasi mikroba di rhizosfer. Selain itu jenis tanaman memegang peran penting dalam menentukan jumlah dan diversitas mikroba di rhizosfer. Akar tanaman menyebabkan perubahan fisik dan kimia rhizosfer yang akan mempengaruhi keberadaan mikroba di dalam dan di sekitar rhizosfer (Widyati, 2013).

### Unsur N (%)

Unsur N pada perlakuan RG dan RP tidak nyata (P>0,05) lebih tinggi dibandingkan dengan NR. Hal ini diduga karena populasi bakteri penambat nitrogen pada perlakuan RG dan RP cenderung lebih tinggi. Selain itu karena tingkat spesifitas antara tanaman dengan mikroba pada perlakuan RG dan RP tinggi. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Schultz dan Kondorosi (1998) yang menyatakan bahwa terdapat spesifitas interaksi antara mikroba dengan akar tanaman. Interaksi tersebut bervariasi dari yang sederhana hingga spesifik sehingga perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut untuk mencapai kombinasi yang paling superior mengikat N<sub>2</sub>.

Unsur N pada perlakuan RS dan RB tidak nyata (P>0,05) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan RG dan RP. Hal ini diduga karena tingkat aktivitas bakteri penambat N pada perlakuan RS dan RB belum optimal sehingga tambahan N dari udara bebas hanya sedikit. Hal ini disebabkan oleh suhu tanah pada perlakuan RS dan RB yang nyata (P<0,05) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan RG dan RP (Tabel 4.2). Hasil penelitian

ini sesuai dengan penelitian Danapriatna (2010) yang menyatakan bahwa kandungan unsur N di dalam tanah berhubungan dengan fiksasi N oleh bakteri, dalam keadaan optimal fiksasi N akan berjalan dengan baik.

### Derajat Keasaman (ph) Tanah

Derajat keasaman (pH) tanah pada perlakuan RG, RS, RB, dan RP nyata (P<0,05) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan NR. Hal ini diduga karena adanya proses pencucian dan limpasan unsur-unsur hara yang bersifat basa dari lahan atas menuju lahan bawah. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Susilawati *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa terdapat hubungan antara posisi fisiografi lahan dengan nilai pH tanah. Hal tersebut dimungkinkan karena lokasi pengambilan sampel untuk perlakuan NR lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan RG, RS, RB, dan RP, serta didukung oleh waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada saat musim hujan.

### Suhu tanah (°C)

Suhu tanah pada perlakuan RG dan RP nyata (P<0,05) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan NR. Hal ini karena adanya aktivitas mikroba tanah yang menghasilkan panas sehingga dapat meningkatkan suhu tanah. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Djide *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa proses metabolisme mikroba menghasilkan energi dalam bentuk ATP dan kalor panas. ATP dan kalor panas yang dihasilkan mempengaruhi tinggi rendahnya suhu tanah.

### Tekstur tanah (%)

Tekstur tanah pada semua perlakuan secara umum menunjukkan hasil yang relatif sama yaitu lempung berpasir. Berdasarkan fraksi-fraksinya yaitu pasir, debu, dan liat pada perlakuan NR, RG, RS, RB, dan RP menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata (P>0,05) (Tabel 4.2). Hal ini menunjukkan bahwa tekstur tanah pada semua perlakuan adalah homogen (seragam).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Populasi bakteri penambat N dan kandungan hara N di Stasiun Penelitian Pengotan tidak dipengaruhi oleh rhizosfer tanaman pakan leguminosa (*Gliricidia sepium*, *Stylosanthes guianensis*) dan rumput (*Brachiaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*) di lahan kering pada musim hujan. Derajat keasaman (pH) tanah menurun pada semua rhizosfer tanaman, sedangkan suhu tanah meningkat pada rhizosfer *Gliricidia sepium* dan *Pennisetum purpureum*.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan untuk pengembangan tanaman leguminosa *Gliricidia sepium* dan rumput *Pennisetum purpureum*. Selain itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di Stasiun Penelitian Fakultas Peternakan Universitas Udayana Desa Pengotan Kabupaten Bangli pada jenis tanaman dan musim yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Danapriatna, N. 2010. Biokimia Penambatan Nitrogen oleh Bakteri Non simbiotik. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah 1 (2): 3-4*.
- Devendra, C. and C.C. Sevilla. 2002. Availability and use of feed resources in crop animal systems in Asia. *Agric. System 71: 59 – 73*.
- Djide, N., Sartini, dan Kadir, S. 2007. *Bioteknologi Farmasi*, Unhas press, Makassar.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2014. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Handayanto, E., dan Hairiah, K. 2007. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Edisi 3. Pustaka Adipura: Jakarta.
- Marschner, P., D.E. Crowley and C.H. Yang. 2004. Development of Specific Rhizosphere Bacterial Communities in Relation to Plant Species, Utrition and Soil Type. *Plant Soil 261:199-208*.
- Notohadiprawiro, T. 2000. *Tanah dan Lingkungan*. Pusat Studi Sumber Daya Lahan. UGM. Yogyakarta.
- Prihastuti. 2011. Struktur Komunitas Mikroba Tanah Dan Implikasinya Dalam Mewujudkan Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Struktur Komunitas Mikroba: El-Hayah Vol. 1, No. 4 Maret 2011 (174-181)*.
- Roni, N. G. K., dan S. A. Lindawati. 2016. *Kajian Partial Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiotik asal Rhizosfer Tanaman Gamal sebagai Plant Growth Promoting pada Lahan Sistem Tiga Strata Pecatu*. Laporan Penelitian. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.
- Sajimin, A., Fanindie, dan J. Herdiawan, 2006. *Produktivitas Jenis-Jenis Rumpun dan Palatabilitas pada Ternak Domba*. Pross. Seminar Teknologi Peternakan dan Veteriner. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Bogor.
- Schultze, M. and A. Kondrosi. 1998. Regulation of symbiotic root nodule development. *Annu. Rev. Genet. 32: 33 – 57*.
- Simatupang, D. S. 2008. *Berbagai Mikroorganisme Rhizosfer pada Tanaman Pepaya (Carica papaya L.) di Pusat Kajian Buah-buahan Tropika (PKBT) IPB Desa Ciomas, Kecamatan Pasirkuda, Kabupaten Bogor, Jawa Barat*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie., 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika (Pendekatan Biometrik) Penerjemah B. Sumantri*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Susilawati, Mustoyo, Budhisurya E, et al. 2013. Analisis kesuburan tanah dengan indicator mikroorganisme tanah pada berbagai system penggunaan lahan di Plateau Dieng. *Jurnal Agri 25 (1): 64-72*.
- Tania, N., Astina, dan S. Budi. 2012. Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung semi pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian 1 (1): 10-15*. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Waluyo, L. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Widyati, E. 2012. *Memahami Interaksi Tanaman – Mikroba*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan Kampus Balitbang Kehutanan, Jl. Gunungbatu No. 5, Po. Box 311 Bogor 16118. *Tekno Hutan Tanaman*. Vol. 6 No 1. 13-20.
- Wu, P., Zhang, G., Ladha, J.K., McCouch, S.R., Huang, N., 1995. Molecular-marker-facilitated investigation on the ability to stimulate N<sub>2</sub> fixation in the rhizosphere by irrigated rice plants. *Theoret. Appl. Genet. 91, 1171–1183*