

**EKSPLORASI KONSORSIUM MIKROB FILOSFER DAN RIZOSFER  
ASAL BERBAGAI EKOSISTEM DI KABUPATEN SIGI PROVINSI  
SULAWESI TENGAH**

***EXPLORATION OF MICROB CONSORTIUM PHYLLOSPHERE AND  
RHIZOSPHERE OF ECOSYSTEMS IN SIGI DISTRICT CENTRAL  
SULAWESI PROVINCE***

**Aris Aksarah Pas<sup>1\*</sup>, Didy Sopandie<sup>2</sup>, Trikoesoemaningtyas<sup>2</sup>, Dwi Andreas Santosa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Alkhairaat, Jl. Diponegoro, Fakultas  
Pertanian Universitas Alkhairaat, Palu 94221, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian IPB, Bogor

**ABSTRAK**

Eksplorasi konsorsium mikroba pada suatu ekosistem merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan memperoleh mikroba yang hidup dalam konsorsium dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Penelitian bertujuan untuk memperoleh sampel daun dan tanah pada berbagai tumbuhan dalam suatu ekosistem, sebagai sumber konsorsium mikroba filofera dan rizosfer untuk diuji efektivitasnya meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Metode penentuan lokasi berdasarkan metode *Transek Sampling/Line Intersep Plot Design* pada wilayah seluas 5196.02 km<sup>2</sup>. Penentuan letak lokasi berdasarkan penarikan contoh bertujuan (*Purposive sampling*) meliputi ekosistem : sawah, kebun, padang rumput dan hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, Kabupaten Sigi memiliki keanekaragaman hayati pada berbagai ekosistem yang berpotensi sebagai sumber konsorsium mikroba filofera dan rizosfer. Dari hasil eksplorasi diperoleh sampel sebanyak 48 jenis tumbuhan yang terdiri atas tumbuhan tingkat bawah 30 jenis, tingkat tiang 12 jenis dan tingkat pancang 6 jenis. Hasil isolasi sampel daun dan tanah diperoleh 144 konsorsium mikroba filofera dan 48 konsorsium mikroba rizosfer. Konsorsium yang diperoleh kemudian diuji efektivitasnya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada tahap penelitian selanjutnya.

Katakunci: sampel, purposive sampling, isolasi, plot

**ABSTRACT**

*Microbial consortium exploration in an ecosystem is a series of activities aimed at obtaining microbe living in a consortium and beneficial to plant growth. The study aimed to obtain leaf and soil samples in various plants within an ecosystem, as a source of a consortium of microbial phyllosphere and rhizosphere to be tested for their effectiveness in increasing the growth and yield of rice crops. The method of determining the location is based on the method of transect sampling/line intersep plot design on an area of 5,196.02 km<sup>2</sup>. Site determination based on purposive sampling includes ecosystems: rice fields, gardens, pastures and forests. The results showed that, Sigi District has biodiversity in various ecosystems that have potential as source of consortium of microbial phyllosphere and rhizosphere. From the exploration results obtained a sample of 48 species of plants consisting of plants under the level of 30 species, 12 pile poles and 6 types of stakes. The results of the isolation of leaf and soil samples obtained 144 consortium of microbial phyllosphere and 48 consortium of microbial rhizosphere. The obtained consortium was then tested for its effectiveness on the growth and yield of rice crops in the next stage of the study.*

*Keywords: sample, purposive sampling, isolation, plot*

## Pendahuluan

Eksplorasi konsorsium mikroba merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan memperoleh sumber mikroba dalam bentuk konsorsium. Mikroba dapat diperoleh pada suatu ekosistem dan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan mikroba dalam bentuk konsorsium sebagai pupuk hayati, merupakan upaya mengurangi penggunaan pupuk sintetik secara terus menerus. Mikroba hasil eksplorasi dari berbagai ekosistem yang kaya akan keanekaragaman hayati, memiliki potensi mikroba yang mampu menambat  $N_2$ , melarutkan P dan menghasilkan hormon tumbuh tanaman, atau senyawa antagonis.

Sturz dan Nowak (2000) menyatakan bahwa, dalam mengeksplorasi mikroba perlu suatu strategi, yang dimulai dari kultivasi dan purifikasi mikroba yang bersifat menguntungkan. Tahap selanjutnya adalah menguji kemampuannya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengaplikasikannya pada tanaman sedini mungkin agar populasi mikroba mendominasi pada jaringan tanaman yang diinokulasikan. Eksplorasi mikroba potensial yang berperan dalam pertumbuhan tanaman masih terus dikembangkan sebagai kajian ekologi, fisiologi dan interaksinya dengan tanaman. Kegiatan tersebut merupakan upaya untuk mendukung pertanian yang berkelanjutan.

Eksplorasi dilakukan dari sumber dan lokasi yang lebih variatif, termasuk dari gulma dan tumbuhan yang hidup liar. Kebanyakan spesies mikroba dipengaruhi oleh biologi tanaman dan lingkungannya (Morris 2001). Faktor lingkungan berpengaruh terhadap keberadaan mikroba (Freiberg 1998). Beberapa faktor lingkungan seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan suhu, serta umur dan kondisi tanaman mempengaruhi efek rizosfer (Rao 1995; Reisberg *et al.* 2013). Pati (1992) melaporkan bahwa pada daerah tropis dengan ketersediaan hara rendah dalam tanah, bakteri penghuni permukaan daun sangat memperkaya status hara tanaman melalui penambatan  $N_2$  dari atmosfer. Rao (1982) menyatakan bahwa tanaman padi berpotensi dikembangkan melalui pemanfaatan mikroba berdasarkan penelitian IRRI (*International Rice Research Institute*).

Berbagai ekosistem yang dapat ditemukan di Kabupaten Sigi memiliki keanekaragaman hayati, antara lain : hutan, padang rumput, sawah dan kebun. Ekosistem tersebut terletak pada koordinat  $0^{\circ}52'$ -  $2^{\circ}03'$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}38'$  -  $120^{\circ}21'$  Bujur Timur, berada tepat pada garis khatulistiwa menjadikan wilayah ini memiliki suhu udara yang cukup panas (BPS 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan eksplorasi konsorsium mikroba filiosfer dan rizosfer, berupa sampel daun dan tanah pada berbagai tumbuhan dalam ekosistem di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah, untuk diuji efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi.

## Metode Penelitian

### *Tempat dan waktu*

Pelaksanaan penelitian dimulai bulan Juli hingga Oktober 2012. Pengambilan sampel dilakukan pada ekosistem di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah. Identifikasi tanaman dilakukan di UPT Herbarium Celebense Universitas Tadulako (Untad) Palu. Percobaan kultivasi mikroba dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB Bogor.

### *Bahan dan alat*

Bahan yang digunakan terdiri atas : bahan eksplorasi, sampel daun dan tanah, bahan untuk kultivasi dan bahan untuk media biakan. Alat yang digunakan terdiri atas : alat untuk eksplorasi dan alat untuk media biakan.

### *Metode*

#### Survei lokasi

Penentuan lokasi berdasarkan metode *Transek Sampling/Line Intersep Plot Design* (Fachrul 2007) pada wilayah seluas 5.196,02  $km^2$ . Jarak antar titik 10 km, jarak dari jalur 200 m, luas petak 0.65 ha persegi. Penentuan letak lokasi berdasarkan penarikan contoh bertujuan (*Purposive sampling*), meliputi ekosistem : Sawah, kebun, padang rumput dan hutan.

#### Pengambilan sampel

Pengambilan sampel berdasarkan metode penarikan contoh otoritas (Steel & Torrie 1980), dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Sampel daun dan tanah yang diambil dari tanaman yang tumbuh khas dan dominan dibanding tanaman di sekitarnya. Lokasi

---

<sup>\*</sup>) Penulis Korespondensi

E-mail: [arisaksarahpas@gmail.com](mailto:arisaksarahpas@gmail.com)

Telp: +62-81341012887

pengambilan sampel dilengkapi dengan data ketinggian tempat dan pH tanah.

2. Tanaman sampel belum tersentuh perlakuan teknik budidaya.
3. Pemilihan sampel dititik lokasi berdasarkan metode diagonal, tanaman yang paling sering muncul dipilih sebagai sampel.
4. Tanaman yang diambil dari vegetasi dapat meliputi 3 tingkat, yaitu :
  - Bawah : tinggi tanaman hingga 1,5 m (rumpun, perdu dan semak).
  - Pancang : tinggi tanaman lebih tinggi dari 1,5 m sampai pohon muda berdiameter kurang dari 10 cm.
  - Tiang : berdiameter lebih dari 10 cm.
5. Daun tanaman yang diambil dari ranting/cabang yang sama dan dikenai sinar matahari langsung (menghadap ke Timur), dengan kriteria :
  - Daun muda (daun ke-2)
  - Daun sedang (daun ke-3)
  - Daun tua (daun ke-4) (Kinkel 1997)
6. Tanah yang diambil adalah tanah pada akar tumbuhan yang melekat pada perakarannya. Beberapa helai cabang akar dipotong kemudian diambil tanah rizosfernya yaitu tanah yang melekat pada rambut-rambut akar atau yang berjarak kurang dari 1 mm dari permukaan rambut akar. Tanah rizosfer tersebut dikikis dengan menggunakan spatula steril dan disimpan dalam kantong plastik yang telah diberi label sesuai lokasi titik pengambilan sampel.

Daun dan tanah yang diambil dipisahkan, dibungkus dengan kantong plastik dalam wadah terpisah, diberi label dan disimpan dalam *cooler box* yang berisi es. Sampel disimpan pada suhu 4 °C hingga pengerjaan dilaksanakan di laboratorium (Gofar 2003).

Kultivasi mikroba dari sampel

#### 1. Sampel daun

- a. Masing-masing contoh daun dipotong melintang dengan lebar 3 mm dan tiap potongan mengandung tulang daun dan antar tulang daun (Bills 1996).
- b. Lalu diambil secara acak masing-masing 1 g potongan dari setiap kelompok umur daun. Mikroba yang diperoleh terdiri atas mikroba epifit dan endofit
- c. Prosedur kultivasi konsorsium mikroba daun epifit dan endofit sebagai berikut :
  - Konsorsium mikroba daun epifit dilakukan dengan cara 1 g daun disuspensikan ke dalam erlenmeyer berisi 10 ml 0.02 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

Erlenmeyer berisi sampel dikocok menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit.

- Konsorsium mikroba daun endofit dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Suto (2001). Permukaan potongan daun sebanyak 1 g yang telah diambil mikroba epifitnya, dicuci dengan air mengalir selama 10 menit, disterilkan permukaannya dengan cara potongan daun tersebut direndam dalam etanol 75% selama 1 menit, lalu digerus dan ditambahkan 10 ml 0.02  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pH 7.2 dalam erlenmeyer. Ekstrak jaringan daun tersebut merupakan sumber mikroba endofit. Erlenmeyer berisi sampel dikocok menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit.
  - Suspensi mikroba daun epifit dan ekstrak daun endofit masing-masing sebanyak 0.5 ml bersama-sama ditumbuhkan dalam 50 ml medium cair *laurell* (0.5 g NaCl, 1 g triptopan pepton, 0.5 g ekstrak ragi, dilarutkan dalam 1 liter aquades), yang telah disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121 °C pada tekanan 1 atmosfer.
  - d. Suspensi dikocok dengan mesin kocok dengan kecepatan 112 rpm selama 72 jam untuk menumbuhkan mikroba.
- #### 2. Sampel tanah
- a. Sampel tanah ditimbang 10 g digerus dengan mortar dicampur dengan larutan fisiologis 90 ml steril (8.5 g/l NaCl + 1 l aquades) dalam erlenmeyer 250 ml yang telah disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit. Erlenmeyer berisi sampel dikocok menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit.
  - b. Larutan NB (8 g/l + aquades) dicampur lalu diaduk dengan *Magnetic Strirer*. Larutan dimasukkan ke dalam erlenmeyer/botol kultur 50 ml dan disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit.
  - c. Larutan dipipet 1 ml dan dimasukkan ke dalam 30 ml larutan NB (*Nutrient Broth*) steril, lalu dikocok selama ± 3 – 4 hari. Pertumbuhan mikroba ditandai dengan terjadinya kekeruhan pada NB (Saraswati *et al.* 2007).

Masing-masing konsorsium disimpan pada media gliserol dalam tabung (*ependorf*) sebagai master dan pada botol sebagai kultur kerja.

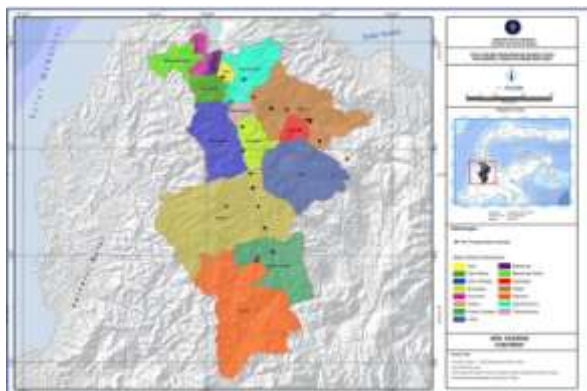
## Hasil dan Pembahasan

### *Gambaran umum ekosistem Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah*

Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah terdiri atas 15 kecamatan. Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Donggala dan Kota Palu. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Luwu Utara (Provinsi Sulawesi Selatan). Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Mamuju Utara (Provinsi Sulawesi Barat) dan Kabupaten Donggala. Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Poso dan Kabupaten Parigi Moutong.

### *Pengambilan sampel*

Kabupaten Sigi memiliki dua musim, sebagaimana dengan daerah-daerah lain di Indonesia, yaitu musim panas dan musim hujan. Musim panas terjadi antara bulan April – September, sedangkan musim hujan terjadi pada bulan Oktober – Maret. Suhu udara rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Pebruari (27.1 °C) dan suhu udara terendah terjadi pada bulan Agustus (25.7 °C). Kelembaban udara berkisar antara 75 – 83 persen. Kelembaban udara rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Agustus yang mencapai 83 persen, sedangkan kelembaban udara rata-rata terendah terjadi pada bulan Pebruari yaitu 75 persen (BPS 2010).



Gambar 1. Peta titik lokasi pengambilan sampel. Perbedaan warna peta menunjukkan batas wilayah administrasi kecamatan

Pengambilan sampel daun dan tanah dilaksanakan pada 9 – 16 Oktober 2012. Penentuan lokasi berdasarkan dua jalur, yaitu

jalur pertama adalah Palu – Gimpu ( $\pm 100$  km) sebanyak 10 titik dan jalur kedua adalah Palu-Palolo ( $\pm 70$  km) sebanyak 7 titik. Masing masing titik terdiri dari dua petak sampel (kiri kanan jalur). Setiap petak sampel bisa lebih dari satu ekosistem asal. Titik nol jalur pertama adalah Desa Kalukubula Kecamatan Dolo pada ketinggian tempat 34 m dpl, sedangkan titik nol jalur kedua adalah Desa Lolu Kecamatan Biromaru pada ketinggian tempat 65 m dpl. Lokasi tempat pengambilan contoh daun dan tanah berbagai tumbuhan yang spesifik (dominan) berupa ekosistem sawah, kebun, padang rumput dan hutan. Jenis tumbuhan bervariasi mulai dari jenis rumput, perdu dan pohon. Berbagai jenis daun tumbuhan dibedakan berdasarkan daun muda, sedang dan tua mewakili sumber konsorsium mikroba filofosfer dan sampel tanah sebagai sumber konsorsium mikroba rizosfer. Peta titik lokasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1.

### *Hasil eksplorasi*

Hasil ekplorasi diperoleh 48 jenis tumbuhan sebagai sumber konsorsium mikroba filofosfer dan rizosfer. Adapun jenis tumbuhan berdasarkan hasil identifikasi dan dikelompokkan berdasarkan tingkat vegetasi, yaitu :

#### *Vegetasi tingkat bawah :*

1. *Lantana camara* L. (berbentuk perdu berasal dari ekosistem kebun di Desa Tulo Kecamatan Dolo, pada ketinggian 44 m dpl dengan pH tanah 6.9).
2. *Ageratum conyzoides* L. (berbentuk herba semusim berasal dari ekosistem sawah di Desa Tulo Kecamatan Dolo, pada ketinggian 44 m dpl dengan pH tanah 6.9).
3. *Jussiaea suffruticosa* L. (berbentuk herba tegak berasal dari ekosistem sawah di Desa Tulo Kecamatan Dolo, pada ketinggian 41 m dpl dengan pH tanah 7.2).
4. *Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sckerff (berbentuk herba semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Tulo Kecamatan Dolo, pada ketinggian 41 m dpl dengan pH tanah 7.2).
5. *Euphorbia prunifolia* Jacq (berbentuk herba semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Sidondo Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 56 m dpl dengan pH tanah 7.0).
6. *Oplismenus sompositus* (L.) Beauv. (berbentuk rumput menjalar berasal dari ekosistem padang rumput di Desa Sidondo Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 56 m dpl dengan pH tanah 7.3).

7. *Ipomoea quamoclit* L. (berbentuk memanjat semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Sidondo Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 62 m dpl dengan pH tanah 7.1).
8. *Digitaria agrotistachya* (Steud.) Fern. (berupa rumput-rumputan berasal dari ekosistem sawah di Desa Sidondo Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 62 m dpl dengan pH tanah 7.0).
9. *Hyptis capitata* Jacq. (tergolong herba menahun berasal dari ekosistem sawah di Desa Pandere Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 90 m dpl dengan pH tanah 7.0).
10. *Scindapsus pictus* Hassk. (termasuk memanjat dan menempel pada pohon berasal dari ekosistem kebun di Desa Pandere Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 90 m dpl dengan pH tanah 7.0)
11. *Ruellia tuberosa* L. (berbentuk herba semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Pandere Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 104 m dpl dengan pH tanah 6.9).
12. *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf. (berbentuk herba menahun berasal dari ekosistem kebun di Desa Omu Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 153 m dpl dengan pH tanah 6.9).
13. *Sphaerostephanos sarasinorum* Holttum. (berbentuk paku herba tegak berasal dari ekosistem sawah di Desa Omu Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 153 m dpl dengan pH tanah 6.6).
14. *Physalis angulata* L. (berbentuk herba semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Omu Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 162 m dpl dengan pH tanah 6.4).
15. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. (termasuk rumput-rumputan berasal dari ekosistem kebun di Desa Salua Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 348 m dpl dengan pH tanah 6.5).
16. *Curculigo latifolia* L. (berbentuk terna tegak 0,40 – 1 m berasal dari ekosistem kebun di Desa Salua Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 346 m dpl dengan pH tanah 6.3).
17. *Gleichenia linearis* (Burm.f.) Clarce. (merupakan paku merambat berasal dari ekosistem hutan di Desa Bolapapu Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 750 m dpl dengan pH tanah 5.8).
18. *Mimosa invisa* Mart. (termasuk merambat semusim, berupa terna berasal dari ekosistem kebun di Desa Bolapapu Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 750 m dpl dengan pH tanah 5.1).
19. *Euphorbia hirta* L. (berupa terna tegak dan memanjat berasal dari ekosistem kebun, di Desa Bolapapu Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 734 m dpl dengan pH tanah 6.7).
20. *Calopogonium mucunoides* Desv. (berbentuk terna merayap membelit ke kiri berasal dari ekosistem kebun di Desa Lawua Kecamatan Kulawi Selatan, pada ketinggian 429 m dpl dengan pH tanah 6.5).
21. *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. (termasuk merambat berasal dari ekosistem kebun di Desa Lawua Kecamatan Kulawi Selatan, pada ketinggian 430 m dpl dengan pH tanah 6.6).
22. *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby. (berbentuk perdu berasal dari ekosistem hutan di Desa Tomua Kecamatan Kulawi Selatan, pada ketinggian 392 m dpl dengan pH tanah 5.8).
23. *Melanolepis multiglandulosus* (Blume) Rchb.F. & Zoll. (berbentuk perdu berasal dari ekosistem hutan di Desa Tomua Kecamatan Kulawi Selatan, pada ketinggian 458 m dpl dengan pH tanah 5.7).
24. *Sida rhombifolia* L. (berbentuk perdu kecil atau herba tegak berasal dari ekosistem kebun di Desa Tomua Kecamatan Kulawi Selatan, pada ketinggian 458 m dpl dengan pH tanah 5.8).
25. *Jatropha gossypifolia* L. (berbentuk perdu atau pohon kecil berasal dari ekosistem padang rumput di Desa Watunonju Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 133 m dpl dengan pH tanah 6.6).
26. *Breynia microphylla* (Kurz ex T 7 B) M.A. (berbentuk perdu berasal dari ekosistem padang rumput di Desa Watunonju Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 136 m dpl dengan pH tanah 6.7).
27. *Eleusina indica* Gaerth. (berupa rumput semusim berasal dari ekosistem kebun di Desa Sigimpu Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 576 m dpl dengan pH tanah 6.5).
28. *Cyperus tenuispica* Steud. (berupa herba menahun atau semusim berasal dari ekosistem sawah di Desa Berdikari Kecamatan Palolo, pada ketinggian 616 m dpl dengan pH tanah 6.3).
29. *Scoparia dulcis* L. (berupa herba tegak berasal dari ekosistem sawah di Desa Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 646 m dpl dengan pH tanah 6.3).

30. *Cyathula prostrate* Blume. (berupa terna tahunan berasal dari ekosistem sawah di Desa Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 646 m dpl dengan pH tanah 6.1).

*Vegetasi tingkat pancang :*

1. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (berbentuk pohon kecil berasal dari ekosistem hutan di Desa Pandere Kecamatan Gumbasa, pada ketinggian 104 m dpl dengan pH tanah 6.9).
2. *Piper aduncum* L. (termasuk perdu atau pohon kecil berasal dari ekosistem hutan di Desa Salua Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 348 m dpl dengan pH tanah 6.5).
3. *Villebrunea rubescens* Blume. (berbentuk perdu atau pohon berasal dari ekosistem hutan di Desa Salua Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 346 m dpl dengan pH tanah 6.6).
4. *Leucosyke capitellata* Wedd. (berbentuk perdu atau pohon berasal dari ekosistem kebun di Desa Namo Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 639 m dpl, pH tanah 6.9).
5. *Neonauclea ventricosa* Ridsd. (berbentuk perdu atau pohon kecil hingga besar berasal dari ekosistem hutan di Desa Poleroa Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 623 m dpl dengan pH tanah 7.0).
6. *Calotropis gigantea* R.Br. (berbentuk perdu tegak hingga 3 m berasal dari ekosistem padang rumput di Desa Watunonju Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 136 m dpl dengan pH tanah 6.8).
7. *Crotalaria anagyroides* H.B.K. (berbentuk perdu berasal dari ekosistem kebun di Desa Sigimpu Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 569 m dpl dengan pH tanah 6.5).
8. *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl. (berbentuk perdu pendek berasal dari ekosistem kebun di Desa Petimbe Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 594 m dpl dengan pH tanah 6.6).
9. *Ischaemum rugosum* Salisb. (berupa herba menahun atau semusim berasal dari ekosistem sawah di Desa Berdikari Kecamatan Palolo, letak pada ketinggian 618 m dpl dengan pH tanah 6.5).
10. *Cuphea balsamona* Cham. & Schlecht. (berupa perdu kecil berasal dari ekosistem kebun di Desa Tongoa Kecamatan Kamarora, letak pada ketinggian 645 m dpl dengan pH tanah 5.5).
11. *Eupatorium odoratum* L. (berupa perdu atau herba besar berasal dari ekosistem kebun di Desa Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 646 m dpl dengan pH tanah 6.1).

12. *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore. (berupa herba berasal dari ekosistem kebun di Desa Lembang Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 1.055 m dpl dengan pH tanah 5.9).

*Vegetasi tingkat tiang :*

1. *Canarium vulgare* Leench. (berbentuk pohon besar, tinggi 45 m, berbanir berasal dari ekosistem hutan di Desa Namo Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 607 m dpl dengan pH tanah 6.6).
2. *Pterospermum celebicum* Miq. (berbentuk pohon ukuran sedang dengan tinggi hingga 25 m berasal dari ekosistem hutan di Desa Poleroa Kecamatan Kulawi, pada ketinggian 633 m dpl dengan pH tanah 6.8).
3. *Schizostachyum brachycladum* Kurz. (berrumpun, tegak hingga 15 m berasal dari ekosistem hutan di Desa Petimbe Kecamatan Biromaru, pada ketinggian 569 m dpl dengan pH tanah 6.5).
4. *Erythrina subumbrans* Merr. (berupa pohon, tinggi hingga 22 m berasal dari ekosistem hutan di Desa Lembang Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 1075 m dpl dengan pH tanah 6.4).
5. *Ficus minahassae* (Teijsm & de Vriese) Miq. (berupa pohon kecil, tinggi hingga 25 m berasal dari ekosistem hutan di Desa Lembang Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 1223 m dpl dengan pH tanah 6.7).
6. *Elmerrillia ovalis* Miq. Dandy. (berupa pohon besar, tinggi hingga 45 m berasal dari ekosistem hutan di Desa Lembang Tongoa Kecamatan Kamarora, pada ketinggian 1235 m dpl dengan pH tanah 5.4).

*Kultivasi mikrob dari sampel*

Kultivasi mikrob dari sampel daun dan tanah, diperoleh 144 konsorsium mikrob filosfer dan 48 konsorsium mikrob rizosfer. Kultivasi konsorsium mikrob pada media cair dan padat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsorsium mikrob pada media cair dan padat a = Mikrob filosfer dan mikrob rizosfer pada media cair, b = Mikrob filosfer pada media nutrisi agar (NA)

Nama dan kode konsorsium mikroba filiosfer dan rizosfer disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Nama dan kode konsorsium mikroba filiosfer dan rizosfer

No	Nama tumbuhan asal	Kode konsorsium	
		Filosfer	Rizosfer
1	<i>Lantana camara</i> L.	Fm1, Fs1, Ft1	R1
2	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Fm2, Fs2, Ft2	R2
3	<i>Jussiaea suffruticosa</i> L.	Fm3, Fs3, Ft3	R3
4	<i>Bidens pilosa</i> L.	Fm4, Fs4, Ft4	R4
5	<i>E. prunifolia</i> Jacq	Fm5, Fs5, Ft5	R5
6	<i>O. sompositus</i> Beauv.	Fm6, Fs6, Ft6	R6
7	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	Fm7, Fs7, Ft7	R7
8	<i>D. grotistachya</i> Steud.	Fm8, Fs8, Ft8	R8
9	<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	Fm9, Fs9, Ft9	R9
10	<i>S. pictus</i> Hassk.	Fm10, Fs10, Ft10	R10
11	<i>L. leucocephala</i> Lam.	Fm11, Fs11, Ft11	R11
12	<i>Ruellia tuberosa</i> L.	Fm12, Fs12, Ft12	R12
13	<i>B. mutica</i> Forsk.	Fm13, Fs13, Ft13	R13
14	<i>S. sarasinorum</i> L.	Fm14, Fs14, Ft14	R14
15	<i>Physalis angulata</i> L.	Fm15, Fs15, Ft15	R15
16	<i>E. crus-galli</i> L.	Fm16, Fs16, Ft16	R16
17	<i>Piper aduncum</i> L.	Fm17, Fs17, Ft17	R17
18	<i>Curculigo latifolia</i> L.	Fm18, Fs18, Ft18	R18
19	<i>V. rubescens</i> Blume.	Fm19, Fs19, Ft19	R19
20	<i>C. vulgare</i> Leeench.	Fm20, Fs20, Ft20	R20
21	<i>L. capitellata</i> Wedd.	Fm21, Fs21, Ft21	R21
22	<i>G. linearis</i> Burm.f.	Fm22, Fs22, Ft22	R22
23	<i>Mimosa invisa</i> Mart.	Fm23, Fs23, Ft23	R23
24	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Fm24, Fs24, Ft24	R24
25	<i>P. celebicum</i> Miq.	Fm25, Fs25, Ft25	R25
26	<i>N. ventricosa</i> Ridsd.	Fm26, Fs26, Ft26	R26
27	<i>C. mucunoides</i> Desv.	Fm27, Fs27, Ft27	R27
28	<i>M. cochinchinensis</i> Lour.	Fm28, Fs28, Ft28	R28
29	<i>Senna siamea</i> Lam.	Fm29, Fs29, Ft29	R29
30	<i>M. multiglandulosus</i> L.	Fm30, Fs30, Ft30	R30
31	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Fm31, Fs31, Ft31	R31
32	<i>J. gossypifolia</i> L.	Fm32, Fs32, Ft32	R32
33	<i>C. gigantea</i> R.Br.	Fm33, Fs33, Ft33	R33
34	<i>B. microphylla</i> Kurz	Fm34, Fs34, Ft34	R34
35	<i>Eleusina indica</i> Gaerth.	Fm35, Fs35, Ft35	R35
36	<i>C. anagyroides</i> H.B.K.	Fm36, Fs36, Ft36	R36
37	<i>S. brachycladum</i> L.	Fm37, Fs37, Ft37	R37
38	<i>S. jamaicensis</i> L.	Fm38, Fs38, Ft38	R38
39	<i>I. rugosum</i> Salisb.	Fm39, Fs39, Ft39	R39
40	<i>C. tenuispica</i> Steud.	Fm40, Fs40, Ft40	R40
41	<i>Cuphea balsam</i> L.	Fm41, Fs41, Ft41	R41
42	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Fm42, Fs42, Ft42	R42
43	<i>E. odoratum</i> L.	Fm43, Fs43, Ft43	R43
44	<i>C. prostrate</i> Blume.	Fm44, Fs44, Ft44	R44
45	<i>E. subumbrans</i> Merr.	Fm45, Fs45, Ft45	R45
46	<i>C. crepidioides</i> L.	Fm46, Fs46, Ft46	R46
47	<i>Ficus minahassae</i> L.	Fm47, Fs47, Ft47	R47
48	<i>E. ovalis</i> Miq. Dandy.	Fm48, Fs48, Ft48	R48

Keterangan : F = filiosfer, R = rizosfer, m = daun muda, s = daun sedang, t = daun tua

## Pembahasan

Hasil eksplorasi pada ekosistem di Kabupaten Sigi menunjukkan bahwa berpotensi diperoleh mikroba dalam bentuk konsorsium. Hal ini dibuktikan melalui kultivasi mikroba dari sampel yang diperoleh. Hasil kultivasi mikroba menunjukkan bahwa sampel mengandung konsorsium mikroba filiosfer dan mikroba rizosfer, karena terjadinya kekeruhan dan terbentuknya gas pada media cair serta dibuktikan dengan

terbentuknya koloni mikroba pada media padat nutrisi agar (NA). Adanya kekeruhan larutan dan terbentuknya gas merupakan akibat respirasi mikroba yang terjadi. Sejalan dengan pendapat Saraswati *et al.* (2007), bahwa pertumbuhan mikroba ditandai dengan terjadinya kekeruhan dan gas pada media cair dan terbentuknya koloni mikroba pada media padat.

Azevado *et al.* (2000) menyatakan, mikroba daun hidup pada dua habitat pada daun, yaitu sebagai epifit dan endofit. Mikroba epifit adalah mikroba yang hidup pada sekitar permukaan daun, yang umumnya didominasi oleh bakteri dan populasinya bervariasi antara  $10^2$  hingga  $10^6$  sel  $cm^{-2}$  luas daun (Lindow & Brandl 2003; Morris *et al.* 1996). Bakteri tersebut terdapat pada trikoma, stomata, sepanjang tulang daun, dinding sel epidermis (Mariano & Carter 1993) dan spora atau miselium fungi (Kinkel 1997), serta jaringan intraseluler vaskuler (Hallman 2001). Jenis bakteri yang paling sering ditemui di daun adalah pseudomonas, xanthomonas, flavobacterium, archromobacter, bacillus, mycobacterium, beijeirinkia, azotobacter dan mycoplasma (Werner & Newton 2005). Wellner *et al.* (2011) menambahkan, bakteri *Methylobacterium* adalah salah satu jenis bakteri yang hidup berasosiasi dengan tanaman. Bakteri ini mempengaruhi proses metabolisme tanaman dan meningkatkan hasil tanaman.

Banyak faktor yang memberikan kontribusi untuk membentuk komunitas mikroba yang berbeda dalam suatu ekosistem, termasuk isyarat lingkungan seperti suhu dan ketersediaan air, interaksi antar mikroba, genotip dan fenotip tanaman. Kondisi ekosistem Kabupaten Sigi mendukung diperolehnya sumber konsorsium mikroba filiosfer dan rizosfer. Dalam wilayah Kabupaten Sigi, juga terdapat kawasan Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) dengan luas 229177.5 ha berdasarkan SK No. 593/Kept.II/93, tanggal 10 Mei 1993. Sebagai salah satu kawasan konservasi di Indonesia, TNLL memiliki banyak predikat atau status, karena potensi dan keunikan yang dimilikinya, di antaranya adalah sebagai cagar biosfer oleh MAB-UNESCO, *World Heritage Site* oleh UNESCO, kawasan burung endemik oleh *Endemic Bird Area* (EBA), pusat keanekaragaman tumbuhan oleh *Center of Plant Diversity* (CPD) dan wilayah ekologi global 200 oleh Global 200 Ecoregion-G200 ES. Kawasan ini memiliki jenis luar biasa dari ekosistem terestrial dan kelautan dunia, seperti kekayaan spesies, endemisitas spesies, keunikan taksonomi

yang tinggi, fenomena ekologi dan evolusi serta habitat utama (BBTNLL 2009).

Ramadanil (2009) menyatakan bahwa Sulawesi memiliki keanekaragaman hayati dengan tingkat endemisitas yang tinggi. Diperkirakan 15% dari tumbuhan berbunga di Sulawesi adalah endemik (Whitten *et al.* 1987). van Balgooy *et al.* (1996) melaporkan 933 tumbuhan asli dari Sulawesi di mana 112 di antaranya adalah endemik Sulawesi. Endemisitas tumbuhan berbunga di Sulawesi sangat bervariasi menurut taksonnya. Didukung oleh Rao (1995), pada tahun 1956, Ruineir telah mengembangkan konsep filosfer di pohon-pohon dalam hutan tropis di Indonesia. Sesuai pendapat Reisberget *al.* (2013), faktor lingkungan seperti iradiasi sinar matahari, musim, letak geografis dan lokasi pengambilan sampel diakui sebagai faktor penting dalam membentuk mikrobiota filosfer.

Jumlah kekayaan spesies, marga dan famili untuk vegetasi tingkat pancang, tiang dan bawah berbeda-beda pada setiap ekosistem. Keragaman mikrob dapat pula dilihat dari berbagai habitat. Setiap habitat yang berbeda memberikan keragaman yang berbeda pula. Mikrob tidak dapat dipisahkan dengan lingkungan biotik dan abiotik dari suatu ekosistem, karena berperan sebagai pengurai. Sebagaimana dijelaskan oleh Rao (1982), mikrob yang berada di dalam tanah berperan penting dalam proses pembusukan, humifikasi dan mineralisasi.

Komposisi kuantitatif populasi dalam tanah sangat tergantung pada sumber dan kondisi alami dari tanah serta kondisi relatif dari unsur organik dan anorganik. Keadaan iklim daerah dan keragaman tanaman yang tumbuh juga menentukan berlimpahnya mikrob yang mendiami tanah tersebut. Faktor yang berpengaruh terhadap komposisi relatif populasi mikrob, di antaranya adalah reaksi yang berlangsung dalam tanah, kadar kelembaban dan kondisi aerasi tanah (Sutedjo *et al.* 1996). Widyati (2013) menyatakan kolonisasi tegakan tanaman secara alami dikendalikan oleh struktur komposisi mikrob di rizosfer. Distribusi suatu jenis tanaman dalam suatu hamparan ditentukan oleh kehadiran atau ketidakhadiran suatu mikrob simbiosis yang diperlukan pada rizosfernya.

Kolonisasi rhizobia endofit dalam tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil gabah padi, gandum, jagung dan barley. Selain penambatan biologi, kehadiran rhizobia dalam akar memiliki banyak manfaat lain, yaitu produksi hormon tanaman seperti IAA dan GA. Hormon ini memacu perluasan permukaan dan

arsitektur akar, sehingga meningkatkan kekuatan tumbuh bibit padi, efisiensi penyerapan fosfat, pelarutan fosfat, meningkatkan efisiensi fotosintesis dan respirasi akar, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan dan serangan patogen (Chi *et al.* 2010).

Mikrob yang menghuni daun yang pada mulanya diragukan keberadaannya, kini para peneliti telah meyakini bahwa mikrob filosfer berimplikasi nyata terhadap peningkatan produksi tanaman (Pati 1992; Egamberdieva 2008). Setiap jenis tumbuhan dapat mendukung populasi mikrob, baik keragaman maupun kuantitasnya melalui residu yang dihasilkan. Akibatnya terjadi saling ketergantungan antara mikrob dengan inangnya (Gofar 2003). Hasil eksplorasi potensi mikrob yang hidup di daerah perakaran, sejak lama diketahui bahwa banyak mikrob potensial dan sangat prospek untuk dimanipulasi, termasuk yang berperan dalam pelarutan fosfat (Burns 1989; Tarafdar & Jungk 1987).

Daun merupakan salah satu habitat mikrob saprofit (filosfer) dan populasi mikrob yang menghuni permukaan daun disebut filoplen. Mikrob yang mendiami permukaan daun sangat bervariasi sesuai dengan jenis tumbuhannya. Setiap tumbuhan mempunyai daun yang berbeda, baik dari segi bentuk, ukuran maupun eksudat yang dikeluarkannya. Perbedaan tersebut menyebabkan mikrob yang menghuninya juga berbeda, walaupun pada tumbuhan tertentu ditemukan populasi mikrob yang sama (Ismaeel *et al.* 2012). Demikian pula daerah perakaran tumbuhan merupakan daerah yang sangat dinamis bagi berbagai jenis mikrob tanah terutama mikrob yang terlibat dalam pertumbuhan tanaman. Hal ini terutama dipengaruhi oleh melimpahnya senyawa organik yang dieksudasi oleh akar yang dapat dijadikan sebagai nutrisi bagi mikrob yang hidup di rizosfer (Burns 1989; Tarafdar dan Jungk 1987).

## Kesimpulan

Kabupaten Sigi memiliki keanekaragaman hayati pada berbagai ekosistem berupa sawah, kebun padang rumput dan hutan. Diperoleh sampel sebanyak 48 jenis tumbuhan berasal dari berbagai ekosistem berupa sawah, kebun, padang rumput dan hutan. Hasil eksplorasi berdasarkan tingkat tumbuhan diperoleh : tumbuhan tingkat bawah 30 jenis, tingkat tiang 12 jenis dan tingkat pancang 6 jenis.



Hasil kultivasi mikroba diperoleh 144 konsorsium mikroba filofit dan 48 konsorsium mikroba rizosfer. Konsorsium yang diperoleh kemudian diuji efektivitasnya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada tahap penelitian selanjutnya.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjend Dikti yang telah memberikan beasiswa BPPS tahun 2010 – 2014 dan Pemda Sulawesi Tengah yang telah memberikan biaya penelitian tahun 2012.

### Daftar Pustaka

- Azevado JL, Maccheroni WJr, Pereira JO. 2000. *Endophytic microorganism : A review on insect control and recent advances on tropical plants. EJB* 3:40-65. Doi 10.2225/vol3-issue1-fulltext-4.
- [BBTNLL] Balai Besar Taman Nasional Lore Lindu 2009. *Inventarisasi Potensi Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah Bekerjasama dengan Herbarium Celeben (CEB) Palu Sulawesi Tengah (IN): Universitas Tadulako*
- [BPS] Badan Pusat Statistik 2010. *Sulawesi Tengah dalam Angka 2009*. Badan Pusat Statistik. Palu, Sulawesi Tengah.
- Bills GF. 1996. *Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. P. 31 – 65. Redlin S, Carries LM (Ed). Sistematic, ecology, and evolution of endophytic fungi in grasses and woody plants. APS Press, St Paul, MN. (in press).*
- Burns 1989. *Cyanogenic microbes and phosphatase enzymes in the rhizosphere: Properties and Prospects for Manipulation. Developments in Soil Science* 18: 191–199.
- Chi F, Yang P, Han F, Jing Y, Shen S. 2010. *Proteomic analysis of rice seedlings infected by sinorhizobium meliloti 1021. Proteomics* 10 : 1861 – 1874.
- Egamberdieva D, 2008. *Plant growth promoting properties of rhizobacteria isolated from wheat and pea grown in loamy sand soil. Department of Biotechnology and Microbiology, National University of Uzbekistan, Vuzgorodok, 100174 Tashkent, Uzbekistan. Turk J Biol* 32 (2008) 9-15
- Fachrul MF. 2007. *Metode Sampling Bioteknologi*. Jakarta (IN) : Bumi Aksara.
- Freiberg E. 1998. *Microclimatic parameters influencing nitrogen fixation in the phyllosphere in a Costa Rican premontane rain forest. Abstract* 117 : 9 – 18. Issue ½.
- Gofar N. 2003. *Eksplorasi konsorsium Mikroba daun asal tumbuhan dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah dan aplikasinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman jagung pada ultisol [Disertasi]. Bandung (IN): Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran.*
- Hallman J. 2001. *Plant interaction with endophytic bacteria. Germany (GR): Institut fot Plant Diseases. University of Bonn, Nubalee 9,53115 Bonn.*
- Ismaeel NA, Finkel OM, Glaser F, Sharon I, Schneider R, Post AF, Spudich JL, Mering vC, Vorholt JA, Iluz D, Beja O, Belkin S. 2012. *Microbial rhodopsins on leaf surface of terrestrial plants. Environmental Microbiology* 14 (9) : 140-146.
- Kinkel LL. 1997. *Microbial population dynamic on leaves. Annu Rev. Phytopathology.* 35 : 327 – 347.
- Lindow SE, Brandl MT. 2003. *Microbiology of phyllosphere. Appl. Environ. Microbiol.* 69:1875–1883. Doi 10.1128/AEM.69.4.1875-1883.2003.
- Mariano RLR, McCarter SM. 1993. *Epiphytic survival of Pseudomonas viridiflava on tomato and selected weed species. Microbiol Ecology.* 26:47-58. Doi 10.1007/BF00166029.
- Morris CE, Nicot PC, Nguyen C. 1996. *Aerial plant surface microbiology. The language of science.* 307p. Doi 10.1007/b102414.
- Morris CE. 2001. *Phyllosphere. Encyclopedia of Life Sciences.* 1-8.
- Pati BR. 1992. *Effect of spraying nitrogen fixing phyllospheric bacterial isolates on rice plants. Zentralbl Mikrobiol* 147:441-446. Doi 10.1016/S0232-4393(11)80312-4.
- Ramadanil 2009. *Keanekaragaman Hayati Tumbuhan Sulawesi, Potensi dan Tantangan Taksonomi Tumbuhan. Pidato*

- Penguikuan Guru Besar dalam Bidang Taksonomi Tumbuhan Universitas tadulako. Palu, 15 Agustus 2009.
- Rao NSS. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. London (GB): Oxford & IBH. Pub. Co. 186p.
- Rao NSS. 1995. *Soil microorganism and plant growth*. 3<sup>rd</sup>. Edition. New Hampshire (US): Science Publishers, Inc. 335p.
- Reisberg EE, Hildebrandt U, Riederer M, Hentschel U. 2013. Distinct phyllosphere bacterial communities on Arabidopsis wax mutant leaves. PLoS ONE 8(11): e78613. doi:10.1371/journal.pone.0078613
- Saraswati R, Husen E, Simanungkalit RDM. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Jakarta (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 270p
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. *Principle and Procedures of Statistic*. A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> Ed. McGraw-Hill, New York, NY.
- Sturz AV., Nowak J. 2000. *Endophytic communities of rhizobacteria and strategies required to create yield-enhancing association with crops*. Appl. Soil Ecol. 15 : 183 – 190.
- Sutedjo MM, AG. Kartasapoetra, RD.S. Sastroatmodjo. 1996. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Suto M. 2001. *Isolation of endophytes from plants*. Lab of Applied Microbiology. Faculty of Agric. Japan (JP): Hokaido University.
- Tarafdar & Jungk 1987. *Phosphatase activity of rhizosphere soil and its relation to the depletion of soil organic phosphorus*. Soil Biol Biochem 3:199.
- van Balgooy MMJ, Hovenkamp PH, Welzen PC. 1996. *Phytogeography of the pasific floristic and historical distribution pattern in plant. In the origin and evolution of pasific island biotas. New Gunea to Eastern Polynesia; pattern and process*. Pp 191 – 213. Edited by Keast A, Miller SA, SPB Academic Publishing bv. Amsterdam.
- Wellner S, N Ladders, P Kampfer. 2011. *Diversity and biogeography of selected phyllosphere bacteria wit special emphasis on Methylobacterium spp*. Systematic and Applied Microbiology. 34:621-630. Doi10.1016/j.syapm.2011.08.005.
- Werner D, Newton WE. 2005. *Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment*. Dordrecht, The Netherlands (ND): Springer, P.O. Box 17, 3300 AA. 347p.
- Whitten AJ., M. Mustafa and GS. Henderson. 1987. *The Ecology of Sulawesi*. Yogyakarta (IN): Gadjah Mada University Press.
- Widyati E. 2013. *Dinamika komunitas mikroba di rizosfer dan konstribusinya terhadap pertumbuhan tanaman hutan*. Tekno Hutan Tanaman 6(2): 56-64.