Jurnal Agrotek Lestari Vol. 12 No. 2, Oktober 2026 P-ISSN: 2477-4790
PP. 103 – 110 E-ISSN: 2721-8945

Perbandingan Sistem Tanam Agroforestry dengan Monokultur Kelapa Sawit Terhadap Populasi Mikroorganisme Tanah

Comparison of Agroforestry and Monoculture Oil Palm Planting Systems on Soil Microorganism Populations

Meli Roslianti[1*], Sari Susanti[1], Syikhristani[1]

[1]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Rokan Hilir, Jalan Lintas Nasional Ujung Tanjung Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau, Indonesia.

*Email korespondensi: mely.mn94@gmail.com

ABSTRACT

Oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) is one of the most important plantation commodities contributing to Indonesia's economy. However, the commonly practiced monoculture system can have negative impacts on the environment. One approach to mitigating these impacts is the implementation of an agroforestry system by combining oil palm with forest trees. The greater vegetation diversity in agroforestry systems has the potential to enhance soil biodiversity and support ecosystem sustainability. This study aimed to analyze the populations of soil bacteria and fungi under an agroforestry system combining oil palm and agarwood (Aquilaria sp.) and a monoculture oil palm system. The study was conducted in an oil palm plantation located in Bukit Kemuning Village, Tapung Hulu District, Kampar Regency, Riau Province, Indonesia. The research employed a survey method, with sampling locations determined using purposive sampling. Six plots were established for each planting system using a zigzag sampling method, with each plot measuring 8 × 18 m. Three sampling points were established within each plot, namely the oil palm weeded circle (S), living frond stack (GH), and dead frond stack (GM). The total bacterial population was determined using the spread plate count method on Nutrient Agar (NA) medium, while the total fungal population was determined using the spread plate count method on Potato Dextrose Agar (PDA) medium. The data obtained for soil bacterial and fungal populations were analyzed using a t-test at the 5% significance level. The results showed that the agroforestry system had higher bacterial and fungal populations than the monoculture oil palm system. In the agroforestry system, the highest bacterial population was found in the oil palm weeded circle, reaching 1.23 × 10^9 CFU/g soil. Meanwhile, the highest fungal population was found in the dead frond stack, reaching 8.87 × 10^4 CFU/g soil. Therefore, the implementation of an agroforestry system combining oil palm and agarwood is recommended to promote greater biodiversity in oil palm plantations.

***Keywords**: Bacteria, Fungi, Agroforestry System, Monoculture System, Oil Palm.*

ABSTRAK

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting bagi perekonomian Indonesia. Namun, budidaya secara monokultur yang umum diterapkan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu upaya untuk menguranginya adalah penerapan sistem agroforestri melalui kombinasi kelapa sawit dengan tanaman hutan. Keanekaragaman vegetasi dalam sistem agroforestri berpotensi

meningkatkan keanekaragaman hayati tanah dan mendukung keberlanjutan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis populasi bakteri dan jamur tanah pada sistem agroforestri tanaman kelapa sawit dengan gaharu dan sistem monokultur kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan dengan metode survey dengan penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode *Purposive Sampling*. Pengambilan sampel pada sistem agroforestri dan monokultur kelapa sawit dibuat 6 unit plot dengan metode zigzag yang berukuran 8 x 18 m. Pada tiap plot terdapat 3 titik pengambilan sampel, yaitu pada daerah piringan kelapa sawit (S), gawangan hidup (GH) dan gawangan mati (GM). Total populasi bakteri dihitung menggunakan metode spread plate count dengan medium NA dan populasi jamur dihitung menggunakan medium PDA. Data yang diperoleh untuk mengetahui populasi jamur dan populasi bakteri tanah dianalisis menggunakan uji t pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sistem agroforestri memiliki populasi bakteri dan jamur yang lebih tinggi dibandingkan sistem monokultur. Total populasi bakteri tertinggi terdapat pada gawangan mati (1,23 x 10^9 CFU/g tanah) begitu juga dengan total populasi jamur tertinggi terdapat pada gawangan mati yaitu 8,87 x 10^4 CFU/g tanah. Oleh sebab itu, untuk menjadikan perkebunan kelapa sawit yang memiliki populasi jamur dan bakteri tanah tinggi disarankan untuk menerapkan sistem agroforestri tanaman kelapa sawit dengan gaharu.

Kata kunci: Bakteri, Jamur, Sistem Agroforestri, Sistem Monokultur, Kelapa Sawit

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam perekonomian di Indonesia. Perkebunan kelapa sawit tersebar luas di Indonesia termasuk di Riau karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Provinsi Riau memiliki luas areal perkebunan kelapa sawit 2,21 juta hektar pada tahun 2017. Pada tahun 2018 luas areal perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau mengalami peningkatan menjadi 2,32 juta hektar (Badan Pusat Statistik, 2019). Hingga saat ini, tanaman kelapa sawit umumnya dibudidayakan secara monokultur.

Budidaya secara monokultur menguntungkan secara ekonomi, namun dilaporkan juga berdampak buruk terhadap lingkungan. Hasil penelitian Tim Faperta UNRI dan Disbun Kabupaten Pelalawan (2009) menunjukkan bahwa penanaman tanaman kelapa sawit mengakibatkan terjadinya pemadatan tanah. Tanah yang padat karena kandungan bahan organik yang rendah. Kondisi tanah yang kekurangan bahan organik akan menyulitkan tanaman dalam menyerap unsur hara. Tarmeji *et al*. (2018) menyatakan bahwa ketersediaan bahan organik dalam tanah ditentukan oleh banyaknya sisa tanaman yang melapuk. Jumlah serasah yang jatuh ke tanah akan mempengaruhi jumlah biota tanah. Husamah *et al*. (2017) menambahkan bahwa biota tanah berperan cukup besar dalam menentukan kualitas dan struktur tanah.

Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif monokultur tanaman kelapa sawit adalah menerapkan sistem agroforestri, yaitu kombinasi dengan tanaman hutan. Perkebunan kelapa sawit berpotensi untuk ditanami gaharu, karena gaharu merupakan tanaman yang membutuhkan naungan (Suhartati, 2013). Sistem agroforestri memiliki keunggulan yang dapat memperbaiki dan melindungi kondisi lingkungan alami seperti tanah, air, vegetasi dan fauna, serta meningkatkan produksi tanaman (Bidura, 2017). Keanekaragaman vegetasi pada suatu penggunaan lahan akan menentukan keanekaragaman hayati tanah pada lahan tersebut. Pencampuran tanaman pertanian dengan tanaman hutan memberikan

banyak manfaat bagi tanah serta keanekaragaman hayati tanah (Murthy *et al*., 2016).

Hasil penelitian Thamrin (2017) menyatakan bahwa penanaman gaharu di perkebunan karet dapat memperbaiki C-Organik tanah, N-Total, rasio C/N, dan meningkatnya total mikrob, respirasi, populasi cacing serta arthropoda tanah. Aini *et al*. (2010) juga menyimpulkan bahwa sistem agroforestri tanaman kopi multistrata berpotensi dalam konservasi biodiversitas tanah. Mengingat pentingnya keanekaragaman hayati tanah dalam menjaga keseimbangan ekosistem, maka diperlukan penelitian tentang keanekaragaman populasi bakteri dan jamur tanah pada sistem agroforestri tanaman kelapa sawit dengan gaharu dan sistem monokutur kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis total populasi bakteri dan jamur tanah pada sistem agroforestri tanaman kelapa sawit dengan gaharu serta sistem monokultur kelapa sawit.

METODE

Lokasi penelitian

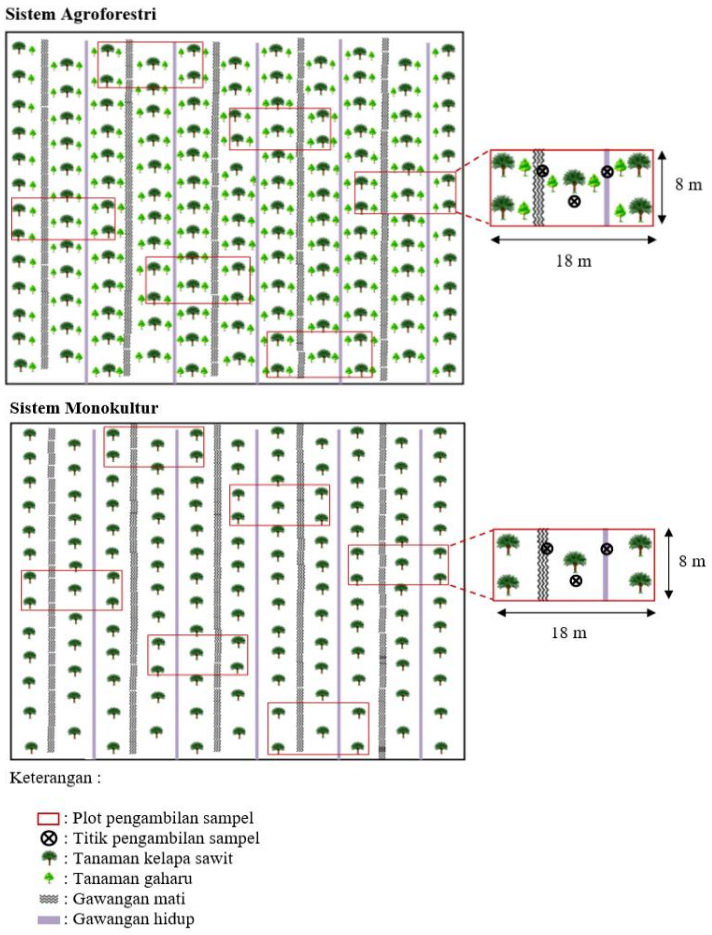
Penelitian ini dilaksanakan di Desa bukit kemuning berbatasan dengan Desa Suka Ramai di bagian utara dan barat, Desa Rimba Beringin di bagian selatan, dan Kecamatan Tapung di bagian timur. Secara geografi Desa Bukit Kemuning terletak pada posisi 0º 37’ 51’’ LU – 0º 39’ 27’’ LU dan 100º 54’ 11’’ BT – 101º 57’ 0’’ BT.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah medium Nutrien Agar (NA) dan medium Potato Dextrosa Agar (PDA). Alat yang digunakan adalah Soil Sampler, cangkul, plastik, jarum ose, kotak es, tabung reaksi, rak tabung reaksi, erlenmeyer, autoclave, kain kasa, lampu bunsen, cawan petri, kamera dan alat tulis.

Metode Penelitian

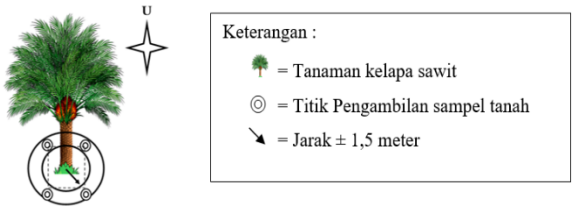
Penelitian dilakukan dengan metode survey. Penentuan lokasi pengambilan sampel keanekaragaman hayati tanah menggunakan metode *Purposive Sampling*. Pengambilan sampel pada sistem agroforestri dan monokultur kelapa sawit dibuat 6 unit plot dengan metode zigzag yang berukuran 8 x 18 m. Pada tiap plot terdapat 3 titik pengambilan sampel, yaitu pada daerah piringan kelapa sawit (S), gawangan hidup (GH) dan gawangan mati (GM). Total sampel tanah pada sistem agroforestri dan monokultur masing-masing sebanyak 18 sampel. Sehingga total titik sampel keseluruhan yaitu 36 sampel tanah.



Gambar 1. Sketsa Pengambilan Titik Sampel pada Lahan Sistem Agroforestri dan Monokultur

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah untuk mikroorganisme dilakukan dengan cara komposit pada kedalaman ±20 cm pada setiap titik sampel, menggunakan soil sampler dari empat penjuru mata angin, yaitu bagian utara, selatan, timur dan barat. Sampel tanah diambil dengan metode quarter sebanyak 200 g dan dimasukkan kedalam plastik yang telah diberi label. Sampel tanah diletakkan kedalam kotak es dan dibawa ke laboratorium.



Gambar 1. Denah Pengambilan Sampel Tanah untuk Mikroorganisme



(a) (b) (c)

Gambar 2. Pengambilan Sampel Tanah untuk Analisis Mikroorganisme, (a) menggunakan *soil sampler*, (b) sampel tanah diambil dengan metode quarter, dan (c) Sampel dimasukkan kedalam plastik yang telah diberi label

Pembuatan medium Nutrient Agar (NA) dan Medium Potato Dextrosa Agar (PDA)

Medium NA dibuat dengan melarutkan 15 g *nutrient agar* dengan 1.000 ml akuades. Sterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121^{o}C dan tekanan 15 psi selama 15 menit (Hastuti dan Ginting, 2007). Medium PDA dibuat dengan 200 g kentang dengan 1.000 ml akuades dan direbus 30 menit, dengan penambahan 20 g *dextrosa*, dan 17 g agar lalu dihomogenkan. Sterilisasi pada suhu 121^{o}C selama 15 menit dengan tekanan 15 psi (Hadioetomo, 1993).

Analisis Total Populasi Bakteri

Total populasi bakteri dihitung menggunakan metode spread plate count dengan medium NA. Sebanyak 1 g sampel tanah dilarutkan dalam 9 ml larutan NaCl 0,85% dan dihomogenkan sehingga diperoleh pengenceran 10-1. Larutan tersebut diencerkan sampai seri pengenceran 10-8. Hasil pengenceran 10-7 dan 10-8 dimasukkan kedalam cawan petri sebanyak 0,1 ml yang telah berisi medium NA dan disebar dengan batang penyebar (batang L) yang steril. Inkubasi pada suhu 37oC selama 2 - 4 hari dan diamati (Hastuti dan Ginting, 2007).

Analisis Total Populasi Jamur

Total populasi jamur dihitung menggunakan metode spread plate count dengan medium PDA. Sebanyak 1 g sampel tanah dilarutkan dalam 9 ml larutan NaCl 0,85% dan dihomogenkan sehingga diperoleh pengenceran 10-1. Larutan tersebut diencerkan sampai seri pengenceran 10-4. Hasil pengenceran 10-3 dan 10-4 masing-masing dipindahkan kedalam cawan petri sebanyak 0,1 ml, kemudian disebar dengan batang penyebar (batang L) yang steril. Inkubasi pada suhu 37oC selama 3 - 5 hari dan diamati (Hastuti dan Ginting, 2007).

Penghitungan Total Populasi Mikroorganisme

Rumus penghitungan total populasi bakteri dan jamur menurut Enriquez *et al.* (1995) adalah sebagai berikut :

Populasi Bakteri/Jamur (CFU/g tanah) :

$$\frac{X}{1 \text{ g tanah}} \text{ X } \frac{1}{fp}$$

Keterangan :
CFU : *Colony Forming Unit* (CFU/g tanah)

X : Jumlah koloni bakteri atau jamur
Fp : Faktor pengenceran

Data yang diperoleh untuk mengetahui populasi jamur dan populasi bakteri tanah dianalisis menggunakan uji t pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Populasi Bakteri

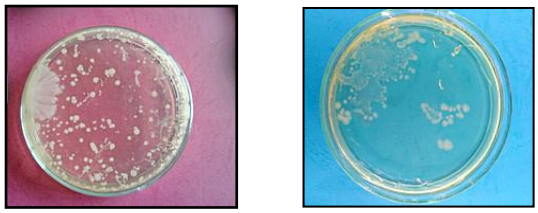
Berdasarkan hasil uji t pada taraf 5% total populasi bakteri pada sistem agroforestri menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan sistem monokultur. Total populasi bakteri pada sistem agroforestri dan monokultur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Total Populasi Bakteri (x 10^9 CFU/g tanah) pada Sistem Agroforestri dan Sistem Monokultur

Sampel	Sistem Agroforestri	Sistem Monokultur
S	1,30 ± 0,559 a	1,23 ± 0,441 b
GH	1,11 ± 0,183 a	1,08 ± 0,121 b
GM	1,23 ± 0,519 a	1,16 ± 0,306 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama, berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%

Total populasi bakteri pada sistem agroforestri lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur. Hal ini disebabkan pada sistem agroforestri memiliki tingkat keragaman jenis tanaman (vegetasi) yang berdampak positif terhadap jumlah bakteri tanah. Hasil penelitian Mukrin et al. (2019) bahwa total bakteri tanah pada sistem agroforestri (33,1 x 106 CFU g-1) juga lebih tinggi dibandingkan dengan sistem penanaman campuran (10,38 x 106 CFU g-1). Menurut Carney dan Matson (2005) bahwa keragaman vegetasi dengan keragaman mikroorganisme tanah terdapat interaksi yang erat. Sebagian besar mikroorganisme bersifat heterotrof (tidak bisa menghasilkan makanan sendiri) sehingga menggunakan eksudat akar dan bahan organik sebagai sumber makanannya (Widyati, 2013).



(a) (b)

Gambar 1. Koloni Bakteri pada Pengenceran 107 di piringan kelapa sawit (S); (a) Sistem Agroforestri dan (b) Sistem Monokultur.

Pada sistem agroforestri total populasi bakteri di piringan kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya yaitu 1,30 x 10^9 CFU/g tanah. Pada Gambar 1 terlihat bahwa jumlah koloni bakteri pada piringan kelapa sawit di sistem agroforestri lebih banyak dibandingkan sistem monokultur. Rhizosfir merupakan daerah perakaran yang dihuni oleh bakteri. Jumlah bakteri di rhizosfir akan lebih besar jika dibandingkan dengan tanah disekitar lainnya. Sesuai dengan hasil penelitian Mukrin *et al*. (2019) bahwa di daerah perakaran tanaman terdapat lebih banyak populasi bakteri dibandingkan dengan daerah tanah yang tidak ada perakaran tanaman. Hal ini disebabkan bakteri menggunakan eksudat akar dan jaringan akar mati sebagai sumber makanan dan energi (Simarmata, 2012) sehingga populasi bakteri dan lebih aktif pada daerah rhizosfer jika dibandingkan dengan daerah non rhizosfer (Anandyawati, 2017). Zhangfeng *et al*. (2007) melaporkan bahwa tanaman dapat memberikan pengaruh terhadap mikroorganisme tanah melalui suplai karbon yang diberikan oleh eksudat akar.

Akar tanaman mempengaruhi lingkungan sekitarnya karena secara terus menerus mengeluarkan eksudat akar (Badri *et al*., 2009). Setiap jenis tanaman akan menghasilkan macam dan jumlah eksudat akar yang berbeda. Pada sistem agroforestri tanaman kelapa sawit dengan gaharu juga menghasilkan eksudat akar

yang berbeda. Eksudat akar pada sistem agroforestri akan lebih beragam jumlah dan jenisnya. Beragamnya jumlah dan jenis eksudat akar pada sistem agroforestri maka populasi dan keanekaragaman bakteri juga semakin tinggi. Menurut Ofek *et al*. (2014) bahwa setiap spesies tanaman akan menciptakan lingkungan rhizosfernya sendiri. Semakin beragam jenis tanaman pada suatu habitat maka eksudat akar yang dihasilkan juga beragam. Widyati (2013) juga menambahkan bahwa perbedaan jumlah dan komposisi eksudat akar dapat menentukan populasi dan keragaman mikroorganisme rizosfir.

Total Populasi Jamur

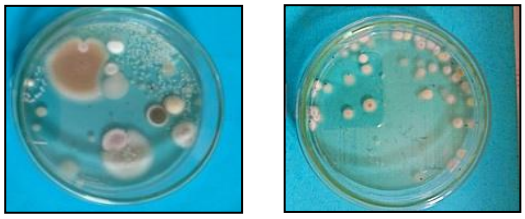
Berdasarkan hasil uji t pada taraf 5% total populasi jamur pada sistem agroforestri menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan sistem monokultur. Total populasi jamur pada sistem agroforestri dan monokultur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Populasi Jamur (x 10^4 CFU/g tanah) pada Sistem Agroforestri dan Sistem Monokultur

Sampel	Sistem Agroforestri	Sistem Monokultur
S	8,37 ± 0,459 a	7,22 ± 0,325 b
GH	6,95 ± 0,187 a	6,35 ± 0,302 b
GM	8,87 ± 0,266 a	8,07 ± 0,266 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama, berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%

Total populasi jamur di piringan kelapa sawit (S), gawangan hidup (GH) dan gawangan mati (GM) pada sistem agroforestri lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur. Hal ini disebabkan pada sistem agroforestri dapat mendukung berkembangnya populasi jamur karena sumber serasah tanaman yang cukup dan suhu tanah lebih rendah akibat tajuk kanopi yang rapat membuat sinar matahari tidak langsung terpapar ke tanah. Pada sistem agroforestri memiliki tingkat kelembaban tinggi dan suhu tanah yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem monokultur kelapa sawit. Menurut Sutedjo *et al*. (1991) bahwa cendawan hidup pada habitat yang lembab, karena membutuhkan air untuk melarutkan bahan organik. Hasil penelitian Thamrin *et al*. (2017) menunjukkan rerata total mikrob pada perkebunan tanaman karet yang ditanami gaharu sebagai tanaman sela (8,56 CFU/ml) lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman karet tanpa tanaman sela (3,63 CFU/ml). Hanafiah *et al*. (2009) juga melaporkan bahwa jumlah mikroorganisme dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman (komposisi spesies, penutup tanah, penetrasi akar ke tanah dan serasah), serta iklim makro dan iklim mikro dari setiap lokasi.



(a) (b)

Gambar 2. Koloni Jamur pada Pengenceran 103 di gawangan mati (GM); (a) Sistem Agroforestri dan (b) Sistem Monokultur

Pada sistem agroforestri total populasi jamur lebih tinggi di gawangan mati dibandingkan yang lainnya yaitu 8,87 x 10^4 CFU/g tanah (Tabel 2). Pada Gambar 2 juga terlihat bahwa jumlah koloni pada gawangan mati di sistem agroforestri lebih banyak dibandingkan sistem monokultur. Hal ini disebabkan pada gawangan mati terdapatnya tumpukan serasah daun yang relatif banyak yang dihasilkan dari tanaman kelapa sawit dan gaharu dibandingkan sistem monokultur. Total jamur yang tinggi dikarenakan adanya akumulasi bahan organik dari tanaman yang ada pada lahan sistem agroforestri. Menurut Simarmata (2012) bahwa fungi lebih menyukai residu tanaman, kayu dan humus tanah sebagai sumber makanannya.

KESIMPULAN

Total mikroorganisme tanah pada sistem agroforestri lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur. Total populasi bakteri tertinggi di piringan kelapa sawit dan total populasi jamur tertinggi gawangan mati.

DAFTAR PUSTAKA

Anandyawaty. 2017. *Asam Organik Eksudat Akar, Populasi Mikrob dan Aktivitas Enzimatik pada Rizosfer Bibit Kelapa Sawit*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Aini, F. K, Syahrul, K., Gede, W., dan Kurniatun, H. 2010. *Studi Biodiversitas: Apakah Agroforestri Mampu Mengkonservasi Keanekaragaman Hayati di DAS Konto*. Working paper 119. World Agroforestri Centre (ICRAF) Southeast Asia Program. Bogor. Indonesia.

Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik.

Badri, D.V. dan Vivanco, J. M. 2009. *Regulation and Function of Root Exudates*. Jurnal Plants, Cells and Evironment. 32: 666-681.

Bidura, G. 2017. *Buku Ajar Agroforestri Kelestarian Lingkungan*. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.

Carney, K. M. dan P. A. Matson. 2005. *Plant Communities, Soil Microorganisms, and Soil Carbon Cycling: Does Altering The World Belowground Matter to Ecosystem Functioning*. Jurnal Ecosystems. 8 : 928-940.

Enriquez, G. L., Saniel, L. S., Matias, R. R. dan Garibay, G. 1995. *General Microbiology Laboratory Manual*. University of The Philippines Press. Diliman.

Hastuti, R. D. dan Ginting, R. C. B. 2007. *Enumerasi Bakteri, Cendawan, dan Aktinomisetes*. dalam Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R. D. M. (Eds). 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah.* Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

Hanafiah, A. S., T. Sabrina dan H. Guchi. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Husamah, R. A. dan Hudha, A. M. 2017. *Ekologi Hewan Tanah (Teori dan Praktik)*. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.

Murthy, I. K., Dutta, S., Varghese, V., Joshi P. P. dan Kumar, P. 2016. *Impact Of Agroforestri Systems on Ecological and Socio-Economic Systems: A Review.* Global journal of Science Frontier Research: H. Environment and Earth Science. 16 (5): 15-27.

Mukrin, Yusran dan B. Toknok. 2019. *Populasi Fungi dan Bakteri Tanah pada Lahan Agroforestri dan Kebun Campuran di Ngata Katuvua Dongi-Dongi Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah*. Jurnal ForestSains. 16 (2): 77-84.

Ofek, M., Goldman, M. V., Hadar, Y. dan Minz, D. 2014. *Host Signature Effect on Plant Root Associated Microbiomes Revealed Through Analyses of Resident Vs. Active Communities*. Jurnal Environ Microbiol. 16: 2157–2167.

Simarmata, T. 2012. *Ekologi Biota Tanah*. Prisma Press. Bandung.

Suhartati. 2013. *Budidaya Tanaman Gaharu* (*Aquilaria malaccensis* Lamrk.) *di Lahan Kebun Kelapa Sawit dengan Aplikasi Teknik Silvikultur.* Jurnal Info Teknis Eboni. 10 (1): 37- 47.

Sutedjo, M. M., Kartasapoetra, A. G. dan Sastroatmodjo, R. D. S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.

Tarmeji, A., Shanti, R. dan Patmawati. 2018. *Hubungan Bahan Organik dengan Keberadaan Fauna Tanah pada Umur Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang yang Berbeda*. Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab. 1 (1): 1-10.

Thamrin, M., Rauf, A. dan Hidayat, B. 2017. *Dampak Penanaman Pohon Hutan di Lahan Perkebunan Karet* (*Havea brasiliensis* Muell. Arg) *pada Sifat Biologi di Kecamatan Bahorok Kabupaten Langkat*. Jurnal Agroteknologi FP USU. 5 (2): 362-272.

Tim Penelitian Fakultas Pertanian Universitas Riau dan Dinas Perkebunan Kabupaten Pelalawan. 2009. *Kajian Keberadaan Tegakan Terhadap Aliran Permukaan dan Kesuburan Tanah Di Desa-Desa Kabupaten Pelalawan.* Pangkalan Kerinci.

Widyati, E. 2013. Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Lahan. Jurnal Tekno Hutan Tanaman. 6 (1): 29-37.

Zhangfeng, L., L. Guohua, Bojie, F. dan Xiaoxuan, Z. 2007. *Relationship Between Plant Species Diversity and Soil Microbial Functional Diversity along a Longitudinal Gradient in Temperate Grasslands of Hulunbeir Inner Mongolia, China*. Jurnal Eco Res (10): 1172-1179.