



PENGARUH AKTIVITAS RAYAP TANAH TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAH DI ARBORETUM SYLVA FAKULTAS KEHUTANAN UNTAN

(Effect of Subterranean Termites Activities on Soil Productivity in Arboretum Sylva Forestry Faculty Untan)

Dwi Yoga Budi Pranoto, dan Siti Latifah

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Jalan Imam Bonjol Pontianak 78124

E-mail : dwiyogapranoto3590@gmail.com

ABSTRACT

*The purpose of this study is to determine the effect of activity of subterranean termites on soil fertility through biogenic structures formed by termites and to determine the species of subterranean termites as decomposers in Arboretum Sylva Forestry Faculty Untan. The methods of the research is experimental exploration with the bait made from 100 gram of newspapers pulp mixed with 1000 milliliter of soybean boiled water. The newspaper pulp mixed with 1000 milliliter of aquades were serve as control. The baits formed measuring 2 x 2 x 1 cm and repeated three times. The baits were placed in the transparent plastic jars with volume 3 liter and was fed on subterranean termites in the areal of Arboretum Sylva Faculty Forestry Untan for 20 days. Differences in chemical characteristics of biogenic structures were analyzed using descriptive qualitative statistical analysis of independent sample T-test. The result of the research showed that the activities of subterranean termites do not have a significant effect on pH soil and NPK nutrients. The independent sample T-test showed a not significant effect between the soil accumulated by termite activities and the soil as control. Termites found as decomposers in Arboretum Sylva Forestry Faculty Untan consist of three genus, namely *Dicuspitermes*, *Termes* and *Schedorhinotermes*.*

Keyword : Decomposers, nutrients, soil productivity, subterranean termites

PENDAHULUAN

Tanah yang subur memiliki produktivitas tinggi sehingga sering dimanfaatkan untuk berbagai komoditas pertanian dan ekonomi. Kualitas kesuburan tanah terdiri atas beberapa faktor, salah satunya adalah makrofauna tanah. Tanah sebagai habitat makrofauna merupakan medium alam untuk pertumbuhan dan aktivitas fisiologinya. Aktivitas makrofauna sebagai *soil engineers* akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang akhirnya menentukan produktivitas lahan tempat habitat mereka (Decaens *et al.* 2001).

Rayap termasuk salah satu dekomposer atau pendaur ulang yang berguna bagi

senyawa organik karena peranannya dalam mempercepat proses rehabilitasi fisik dan kimia tanah. Menurut Lavelle (1997), khususnya jenis rayap pemakan tanah (*soil feeder*) berperan dalam proses perbaikan agregat tanah, penyetabil bahan organik tanah, penyebaran, aerasi tanah, porositas tanah, membantu proses humifikasi dan pelepasan unsur N dan P dalam tanah. Keberadaan rayap tanah banyak ditemui di berbagai areal yang produktif dimana tanaman ataupun tegakan tumbuh subur di atasnya. Salah satu areal yang produktif di Kota Pontianak bisa ditemui di Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan. Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan



merupakan areal pelestarian plasma nutfah yang terdiri dari 214 jenis pohon yang didominasi oleh pohon-pohon endemik di Kalimantan Barat. Arboretum berfungsi untuk mengumpulkan atau mengoleksi berbagai tanaman *ex-situ*, habitat bagi berbagai fauna, serta tempat pelestarian dan penelitian. Berbagai tanaman yang tumbuh subur di dalamnya umumnya mencukupi kebutuhan pertumbuhan sendiri yang diperoleh dari unsur hara mineral yang terkandung di dalam tanah. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh adanya aktivitas rayap yang terdapat di areal Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan. Indrayani dan Yoshimura (2010) melaporkan 3 spesies rayap dari famili Termitidae yang ditemukan di areal arboretum

Rayap tanah sebagai agen rekayasa tanah bermanfaat saat mengkonversi selulosa yang merupakan biomassa yang paling dominan di alam. Rayap tanah dianggap salah satu kelompok serangga (Isoptera) yang berperan penting dalam mendekomposisi bahan selulosa (Tokuda *et al.* 2004). Peran penting tanah sebagai habitat dari organisme tanah dan memelihara keragamannya meliputi berbagai aktivitas perekayasa kimia, pengendali kehidupan, perekayasa tanah berdampak terhadap ekosistem tanah sesuai dengan luasan area dan waktu. Kinerja rayap tanah dalam perekayasa tanah ketika proses dekomposisi dan distribusi bahan organik disesuaikan dengan ukuran tubuh, wilayah jelajah dan umur dari masing-masing kelompok (Emmerling *et al.* 2002; BIS, 2010). Rayap tanah sebagai salah satu kelompok perekayasa tanah memberi pengaruh terhadap ekosistem berkisar antara beberapa meter sampai ratusan meter dalam waktu

periodik (BIS, 2010). Tetapi, seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan oleh rayap tanah sebagai perekayasa tanah terhadap produktivitas tanah belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar aktivitas rayap tanah sebagai dekomposer dan pengaruhnya terhadap produktivitas tanah di sekitar habitat mereka.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh aktivitas rayap tanah terhadap produktivitas tanah melalui struktur biogenik yang dibentuk oleh rayap dan mengetahui spesies rayap tanah yang dominan sebagai dekomposer di areal Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan. Manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai aspek positif rayap tanah terhadap lingkungan dan referensi ilmiah mengenai pengaruhnya dalam produktivitas tanah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan, Laboratorium Teknologi Kayu Fakultas Kehutanan, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Pontianak Provinsi Kalimantan Barat. Penelitian terdiri atas persiapan sampel uji bertempat di Laboratorium Teknologi Kayu Fakultas Kehutanan, pengumpulan sampel uji di Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan, pengukuran kadar air, pengujian hasil dan analisa tanah di Laboratorium Teknologi Kayu dan Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah.

Persiapan sampel dilakukan dengan metode Severson (2006) yang telah dimodifikasi, yaitu menggunakan limbah



kertas koran yang diperoleh dari rumah tangga dan dicampur air rebusan kedelai. Penggunaan air rebusan kedelai mengacu pada penelitian Muin *et al* (2014). Air rebusan kedelai diperoleh dengan cara merebus 400 g kedelai dengan 6000 ml aquades selama 1 jam. Pembuatan sampel dilakukan dengan mencampur kertas koran dan air rebusan kedelai dengan komposisi 100 g kertas koran per 1000 ml air rebusan kedelai per sampel. Perlakuan kontrol adalah kertas koran hanya dicampur dengan aquades dengan komposisi 100 g kertas koran per 1000 ml aquades. Kertas koran dirobek-robek hingga berukuran kira-kira 1 cm² dan direndam dengan air rebusan kedelai, untuk kontrol direndam dengan aquades selama 24 jam. Selanjutnya diblender hingga diperoleh bubur kertas. Bubur kertas kemudian dimasukkan dalam kain, diperas sampai tidak ada tetesan air selanjutnya dicetak dengan cetakan yang terbuat dari seng yang berukuran 2 x 2 x 1 cm, kemudian di oven dengan suhu 60°C selama 48 jam. Selanjutnya kadar air diukur menurut SNI 01-3182-1992.

Pengumpulan rayap dilakukan dengan metode Severtson (2006) yang telah dimodifikasi, yaitu sampel uji sebanyak 100 g (yang berisi 87-90 kotak-kotak kecil) berupa perlakuan (limbah kertas koran dan air rebusan kedelai) dan kontrol (limbah kertas koran dan aquades) dimasukkan ke dalam toples plastik transparan dengan volume 3 lt berukuran tinggi 20 cm dan lebar 11 cm dengan 6 lubang di bagian bawah dan 24 lubang di bagian samping yang setiap lubangnya ± berdiameter 3 mm. Toples plastik transparan yang telah diisi sampel ditanam hingga kedalaman 20 cm di Arboretum pada daerah yang memiliki

aktivitas serangan rayap tinggi. Aktivitas rayap di lapangan ditentukan berdasarkan keberadaan rayap di bawah serasah atau sarang rayap yang ditemukan di permukaan tanah. Toples plastik transparan diletakkan dengan jarak sekitar 1 m antara perlakuan dan kontrol agar tidak tumpang tindih. Setiap sampel uji yang ditanam ditandai dengan *tagging* untuk perlakuan dan kontrol. Sampel uji dibiarkan di lapangan hingga 20 hari.

Rayap yang ditemukan pada sampel dimasukkan ke dalam botol yang berisi etanol 70 % untuk tujuan identifikasi dengan referensi Tho (1992). Identifikasi rayap dilakukan untuk mengetahui jenis rayap yang menyerang pada sampel uji yang diumpankan. Pengujian sifat kimia produk biogenik dilakukan dengan menentukan nilai pH dan unsur hara esensial NPK pada produk biogenik. Nilai pH ditentukan dengan cara meletakkan pH-meter ke dalam campuran produk aktivator rayap dengan aquades menggunakan perbandingan 1 : 2 (Eviati dan Sulaiman, 2009). Kadar NPK dianalisis menurut Eviati dan Sulaeman (2009).

Analisis data dibuat dalam bentuk tabulasi berupa grafik, tabel atau gambar. Perbedaan sifat kimia struktur biogenik tanah dianalisis secara deskriptif kualitatif dan untuk mengetahui pengaruhnya dilakukan dengan menggunakan analisa statistik Uji-T *independent sample* (Steel dan Torrie, 1991). Uji-T *independent sample* dalam penelitian dilakukan dengan bantuan *software* program SPSS versi 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama pengumpulan sampel 20 hari di lapangan dalam toples plastik transparan



ditemukan akumulasi tanah akibat aktivitas rayap yang menyerang umpan. Rayap tanah yang mengkonsumsi umpan pada sampel dalam toples plastik transparan terdapat tiga genus yaitu genus *Dicuspiditermes*, genus *Schedorhinotermes* dan genus *Termes*. Tho (1992) menjelaskan bahwa genus *Dicuspiditermes* awalnya ditemukan oleh Khrisna di tahun 1965 untuk kelompok rayap dari spesies Indo-Malayan yang sebelumnya ditempatkan di bawah *Capritermes*. Genus *Dicuspiditermes* terbatas di wilayah bagian timur dan terdiri atas sebelas spesies yang diketahui dan hanya satu spesies yang ditemukan sebelumnya dari semenanjung Malaysia. Prajurit dengan pelindung kepala memanjang dengan sisi yang sejajar, ujung postero-lateral dengan tepi yang membulat dibaliknya, antero-lateral yang menonjol secara lebar dan mengerucut di dalam profilnya, hanya sedikit tertekan di bagian atasnya, bagian depan dengan sisi yang meruncing hingga bagian akhir. Mandibel memanjang, nyaris sepanjang dengan kepalanya, mandibel sebelah kiri lebih kuat dan memutar di bagian dalam hingga setengahnya, gigi apical menampilkan tonjolan kecil, mandibel sebelah kanan tidak melilit (memutar seperti bagian kiri) di bagian dalam hingga setengahnya, distal bagian akhir memotong di dalam hanya sedikit melengkung dan mengait. Postmentum memanjang, lebih banyak menyempit di bagian tengah. Habitat genus *Dicuspiditermes* di semua dataran rendah dan bukit di hutan *Dipterocarpaceae* merata di setiap negara, dua spesies khas hidup berdampingan dalam habitat yang sama dan sangat melimpah di sebagian besar hutan.

Genus *Schedorhinotermes* secara luas menyebar di wilayah Ethiopia, Papua, Australia, dan Indo-Malaya. Prajurit minor *Schedorhinotermes*, khususnya ketika ditemukan tanpa prajurit mayor, pada awalnya bisa salah identifikasi karena amat mirip dengan *Parrhinotermes*. Namun dapat dibedakan oleh labrum yang terbentuk seperti jam pasir memanjang dengan tepi bilobed-anterior yang memiliki karakteristik tertentu dan mandibel yang tipis memanjang dan sedikit melengkung. Selanjutnya mereka dapat dibedakan di lapangan oleh tingkah-laku pergerakannya. Prajurit minor *Schedorhinotermes* mempunyai karakteristik yang mirip dan dapat berlari cepat dibandingkan pergerakan prajurit *Parrhinotermes* yang lebih lambat. Disamping karakteristik tersebut, pekerja *Schedorhinotermes* selalu lebih besar dibandingkan prajurit minornya (Tho, 1992).

Genus *Termes* tersebar luas di seluruh wilayah hutan tropis di dunia. Namun, status umumnya tetap tidak dapat didefinisikan. Hal tersebut terdiri dari beraneka ragam elemen dan butuh revisi, banyak spesies ditempatkan di bawah dan pada akhirnya harus ditempatkan kembali. Menyadari hal tersebut, dibuatlah genus baru yaitu *Inquilinitermes* untuk menampung dua spesies dari Amerika Selatan, *Termes fur* dan *T.microcerus*, opini tersebut cukup menjamin perbedaannya (Mathews, 1977 dalam Tho, 1992). Kriteria utama digunakan untuk menetapkan posisi umum *Inquilinitermes* dimana apical dari imago mandibel pekerja begitu memanjang. Ketiadaan bagian tepi samping mandibel sebelah kanan dari imago, secara proporsional kepalanya lebih pendek dan sedikit tonjolan bagian depan dari pekerja



serta cara hidup yang unik, sehingga dinamakan *Inquilinitermes*. Penelitian sebelumnya telah ditemukan tiga spesies, yaitu *Termes rostratus*, *T. Comis* dan *T. Laticornis* hanya diketahui di Sarawak (Tho, 1992). Tho menyatakan semua wujud di bawah genus *Termes* walaupun mereka hubungannya lebih dekat dengan *Inquilinitermes*. Butuh diamati posisi *Inquilinitermes* dalam hubungannya dengan spesies *Termes* yang berlaku di luar Amerika Selatan untuk mengklarifikasi status umum dan batasnya (Tho, 1992).

Nilai pH tanah dari sampel yang dianalisis menunjukkan kisaran 3,32 – 6,52 yang disajikan pada Tabel 1. Nilai pH tanah tertinggi ditunjukkan pada koran dan aquades dengan pH 6,52 yang tergolong agak masam dan pH tanah terendah ditunjukkan pada koran dan air rebusan kedelai dengan pH 3,32 yang tergolong sangat masam. Beberapa unsur hara esensial erat kaitannya dengan pH tanah, seperti unsur hara P pada pH < 6, kandungan P semakin berkurang, akan tetapi berlaku juga sebaliknya, semakin naik pHnya semakin bertambah pula kandungan P dalam tanah hingga pH < 8 (Buckman dan Brady, 1982). Hasil Uji-T *Independent Sample* pada pH tanah menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada pH tanah antara sampel yang terserang rayap tanah dengan sampel yang tidak ada rayap tanah.

Hal ini diduga karena musim hujan yang sedang berlangsung ketika proses pengambilan sampel. Buckman dan Brady (1982) menyatakan bahwa, pelindian juga meningkatkan keasaman, karena basa yang didesak dari kompleks koloida atau terlarut oleh asam perkolasi terangkut oleh air drainase, proses ini meningkatkan keasaman secara tidak langsung dengan menghilangkan basa-basa yang sebetulnya dapat bersaing dengan hidrogen dan aluminium pada kompleks pertukaran. Selain itu, Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan memiliki kelembaban lebih tinggi dibandingkan lokasi disekitarnya disebabkan fungsinya sebagai kawasan konservasi *ex-situ*. Daerah lembab dan kering memiliki pH tanah yang berbeda. Pada daerah lembab memiliki pH < 7, sedangkan pada daerah kering memiliki pH 9. pH tanah juga mempunyai dua pengaruh yaitu pengaruh langsung dari ion H dan secara tidak langsung mempengaruhi tersedianya unsur hara dan zat racun. Dalam kebanyakan tanah, pengaruh tidak langsunglah yang paling nyata. Meskipun pada nilai pH daerah ekstrim pengaruh langsung ion H terhadap keracunan dapat ditunjukkan, kebanyakan tumbuhan masih dapat menerima perbedaan konsentrasi ion H yang besar, selama keseimbangan yang cukup antara unsur hara masih dapat dipertahankan (Buckman dan Brady, 1982).



Tabel 1. pH Tanah (*pH Content*)

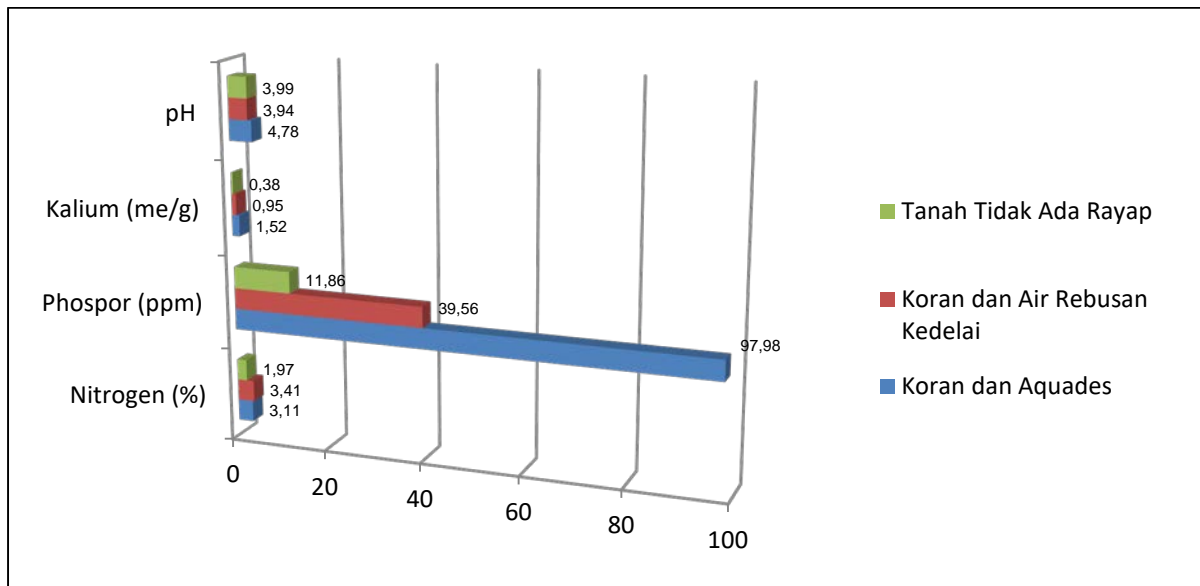
Perlakuan	Kode Sampel	pH Tanah
Koran dan air rebusan kedelai	A1	4,85
	A2	3,32
	A3	3,66
Rerata		3,94
Koran dan aquades	B1	6,52
	B2	4,10
	B3	3,72
Rerata		4,78
Tanah tidak ada rayap	C1	4,27
	C2	3,45
	C3	4,24
Rerata		3,98

Nilai unsur hara esensial NPK pada sampel yang dianalisis menunjukkan nilai yang beragam, untuk hasil unsur hara N berkisar 1,46 – 3,84%, hasil unsur hara P berkisar 9,39 – 194,75 ppm dan hasil unsur

hara K berkisar 0,26 – 2,10 me/g. Nilai analisis unsur hara esensial NPK setelah aktivitas makan rayap disajikan pada Tabel 2, dan rerata analisis struktur fisik produk biogenik ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Analisis Unsur Hara Esensial NPK (*Analysis of NPK Essential Nutrients*)

Perlakuan	Kode Sampel	N (%)	P (ppm)	K (me/g)
Koran dan air rebusan kedelai	A1	3,11	43,20	1,40
	A2	3,30	15,85	0,68
	A3	3,84	59,63	0,79
Rerata		3,41	39,56	0,95
Koran dan aquades	B1	1,91	194,75	2,10
	B2	3,67	34,07	1,73
	B3	3,76	65,12	0,73
Rerata		3,11	97,98	1,52
Tanah tidak ada rayap	C1	1,96	14,40	0,43
	C2	1,46	9,39	0,26
	C3	2,51	11,81	0,46
Rerata		1,97	11,86	0,38



Gambar 1. Nilai rerata analisis produk biogenik kimia tanah. (*Mean value of product analysis biogenic chemical soil*).

Nilai unsur hara N tertinggi diperoleh pada koran dan air rebusan kedelai dengan hasil 3,84% tergolong dalam kategori nilai sangat tinggi dan hasil terendah diperoleh pada tanah tidak ada rayap dengan hasil 1,46% tergolong dalam kategori nilai sangat tinggi. Hasil Uji-T *Independent Sample* pada unsur hara N menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada unsur hara N antara sampel yang terserang rayap tanah dengan sampel yang tidak ada rayap tanah. Hal ini diduga karena banyak tersedia bahan organik dan unsur-unsur penunjang lainnya seperti garam amonium dan nitrat yang diendapkan melalui proses alamiah, selain itu ada fiksasi nitrogen atmosfer yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah tertentu (Buckman dan Brady, 1982). Subekti (2005) mengatakan bahwa rayap tanah sangat menyukai lingkungan yang kaya akan nutrisi tanahnya. Rayap tanah menyukai areal yang kaya akan bahan organik dan mineral yang melimpah yang sangat dibutuhkan oleh

tanaman yang tumbuh di atasnya sehingga umumnya rayap tanah yang ditemukan pada areal tersebut juga melimpah.

Nilai unsur hara P tertinggi diperoleh pada koran dan aquades dengan hasil 194,75 ppm tergolong dalam kategori nilai sangat tinggi dan hasil terendah diperoleh pada tanah tidak ada rayap dengan hasil 9,39 ppm tergolong dalam kategori nilai sedang. Nilai unsur hara P yang tinggi disebabkan karena pH pada koran dan aquades memiliki pH 6,52, sedangkan menurut Buckman dan Brady (1982) bahwa ketersediaan unsur hara P akan optimal pada kandungan pH 6 sampai pH < 8. Hasil Uji-T *Independent Sample* pada unsur hara P menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada unsur hara P antara sampel yang terserang rayap tanah dengan sampel yang tidak ada rayap tanah. Hal ini diduga banyak tersedia sumber utama pembentuk unsur hara P disamping dari pelapukan bebatuan atau bahan induk, juga berasal dari mineralisasi unsur hara P organik seperti



hasil dekomposisi sisa-sisa akar, batang, cabang dan ranting pohon mati serta serasah yang mengakumulasi unsur hara P dari larutan tanah dan hewan (Hanafiah, 2005).

Nilai unsur hara K tertinggi diperoleh pada koran dan aquades dengan hasil 2,10 me/g tergolong dalam kategori nilai sangat tinggi dan hasil terendah diperoleh pada tanah tidak ada rayap dengan hasil 0,26 me/g tergolong dalam kategori nilai rendah. Hasil Uji-T *Independent Sample* pada unsur hara K menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada unsur hara K antara antara sampel yang terserang rayap tanah dengan sampel yang tidak ada rayap tanah. Hal ini diduga karena berbagai faktor berupa tipe koloid tanah, temperatur tanah, kondisi basah kering tanah dan tingkat pelapukan tanah (Hanafiah, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan rayap tanah tidak memberi pengaruh signifikan pada pH tanah dan unsur hara esensial NPK. Hal ini akan berbeda jika kondisi penelitian dilakukan di areal terbuka atau dengan kondisi ekosistem yang jarang tutupan vegetasinya. Tilman *et al* (2001) menyatakan bahwa keragaman fungsional sebagai komponen keragaman hayati yang mempengaruhi bekerjanya suatu ekosistem, yaitu keragaman fungsional mempengaruhi dinamika, stabilitas dan produktivitas ekosistem, termasuk menentukan keseimbangan unsur hara dan aspek-aspek lain yang menentukan ekosistem berfungsi secara optimal. *Soil engineer* memegang peranan kunci dalam ekosistem tanah yang memfasilitasi berfungsinya ekosistem di atasnya. Rayap tanah sebagai agen rekayasa tanah berperan dalam pendistribusian bahan organik ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam

(bioturbasi) dan bertanggungjawab terhadap proses pencampuran bahan organik dengan tanah (Emmerling *et al*, 2002).

PENUTUP

Kesimpulan

1. Aktivitas rayap tanah tidak memberi pengaruh signifikan pada pH tanah, unsur hara N, unsur hara P dan unsur hara K. Hal ini sesuai dengan hasil dari Uji T *Independent Sample* menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan bila dibandingkan sampel yang terserang rayap tanah dengan sampel yang tidak ada rayap tanah.
2. Rayap tanah yang ditemukan sebagai dekomposer di Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan adalah genus *Dicrepiditermes*, genus *Schedorhinotermes* dan genus *Termes*.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui daya jelajah rayap sebagai dekomposer di Arboretum Sylva Fakultas Kehutanan Untan.

DAFTAR PUSTAKA

- [BIS] Bio Intelligence Service, Europe Commission. 2010. Soil Biodiversity: Functions, Threats and Tools for Policy Makers. <http://www.biois.com/soilbiodiversity/231.html>. [12 Desember 2015].
- Breure AM. 2004. Soil Biodiversity: Measurements, Indicators, Threats and Soil Functions. http://www.intl'conf/soil_compost_ec tersedia di: obiology_2004/breure/paper_oral. [24 Desember 2015].
- Buckman HO and Brady NC. 1982. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Bhatara Karya Aksara.



- Decaens T, Galvis JH, Amezcua E. 2001. Properties of the Structure Created by Ecosystem Engineers on the Soil Surface of a Colombian Savanna. *Natures Plow* 11: 151-175.
- Emmerling C, Schloter M, Hartman A, Kandeler E. 2002. Functional Diversity of Soil Organisms: a Review of Recent Research in Germany. *Journal Plant Nutrition Soil Science* 165: 408-420.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*, editor. BH Prasetyo, S Djoko, dan W Ladiyani Retno. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Hanafiah KA. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Indrayani Y and Yoshimura T. 2010. Diversity of Termite Species In Tropical Forest In West Kalimantan. Workshop of JSPS International Training Program to Protect Diversity of Bioresources in the Tropical Forest, Bogor, 15-16 November.
- Lavelle P. 1997. Faunal Activities and Soil: Adaptive Strategies that Determine Ecosystem Function. *Adv Ecol Res* 27: 93-132.
- Lavelle P, Dangerfield M, Fargoso C, Eschenbrenner V, Lopez-Haernandez D, Pashanashi B and Brussaard L. 1994. The Relationship between Soil Macrofauna and Tropical Soil Fertility. Di dalam Woomer PL and Swift M, editor *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Muin M, Arif A, Nuraeni S. 2014. Pengembangan Sistem Kontrol Rayap untuk Produksi Biogenik dan Perbaikan Produktivitas Lahan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin. <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/12728/ABS.musrisal%20muin.docx?sequence=1>. [9 Desember 2015].
- Severtson, D. 2006. Bioconversion of Waste Paper by Termites: A Landfill of Opportunity [disertasi]. Australia: Curtin University of Technology Department of Environmental Biology.
- Standar Nasional Indonesia. 1992. *SNI 01-3182 – 1992/Penentuan Kadar Air*. Jakarta.
- Steel RD and Torrie JH. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik. Penerjemah; Sumantri B. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tho YP, Kirton LG, editor. 1992. Termites of Peninsular Malaysia. *Malayan Forest Records* No 36. Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia.
- Tilman D, Reich PB, Knops J, Wedin D, Mielke T and Lehman C. 2001. Diversity and Productivity in a Long-term Grassland Experiment. *Science* 294: 843-845.
- Tokuda G, Lo N, Watanabe H, Arakawa G, Matsumoto T, Noda H. 2004. Major Alteration of the Expression Site of Endogenous Cellulases in Members of an Apical Termite Lineage. *Molecular Ecology* 13: 3219-3228.