

## ANALISIS SINERGITAS TARIK ULUR KEPENTINGAN DALAM PRODUKSI PERTANIAN DAN JASA LINGKUNGAN

Agustinus J.P Ana Saga

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Flores  
Jln. Sam Ratulangi, Kel. Paupire, Kab. Ende  
needysagga@gmail.com

### ABSTRACT

**Synergi analysis of the tugging of interest in agricultural production and envirometal services.** Conversion of land functions into intensive agriculture can cause degradation or declining land capability. This is because farmers' orientation is always on production and ignoring environmental services. Intensive agriculture always causes environmental problems, resulting in a tug of war in agricultural production and environmental services. The purpose of this study is to find out how much intensive land use has resulted in a deterioration of environmental services. This research was carried out on intensive agricultural land (Horticulture) (PI), AF-CK (cloves), AF-KK (cocoa), AF-KM (candlenut), AF-KP (coffee), owned by farmers and AF-HS (forest secondary) in Tn. Kelimutu National. This research uses interviews and exploration methods. The results showed that the level of intensification of horticultural land use in Kelimutu was classified as very intensive with an R-value and an LUI index = 79, the survey results showed that the density of earthworm populations in SPL-AF was as low as the population in SPL-HS, on average only 3 tails m<sup>-2</sup>, while in SPL-PI the average is only 0.24 m<sup>2</sup>. The earthworm biomass in AF is about 69% smaller than the worms found in SPL-HS; earthworm biomass average in SPL-AF 15 g m<sup>-2</sup> while in SPL-HS an average of 47 g m<sup>-2</sup>; and the smallest worm biomass found in SPL-PI averaging about 2.3 g m<sup>-2</sup>. The diversity of earthworms is significantly different between land uses. The average diversity of earthworms (H') reaches 0.88; Index R = 0.34; and Index E = 0.92. The four species that dominate are 1). *Pontoscolex* (endogeik, INP = 48.52), 2). *Megascolex* (endogeik; INP 44,61), 3). *Pheretima* (epigeic, INP 35.29), and 4). *Lumbricus* (epigeic, INP = 13.01)

---

**Keywords:** *Synergy, Agricultural Production, Environmental Services*

### PENDAHULUAN

Alih guna hutan menjadi berbagai lahan pertanian di daerah berlereng dapat berdampak negatif terhadap lingkungan bila tidak diiringi dengan manajemen yang bijak. Hal tersebut terjadi antara lain berhubungan dengan berkurangnya fungsi dan jasa lingkungan hutan baik sebagai penyedia kebutuhan langsung manusia dan kehidupan lainnya, pengatur suplai air di kawasan, menjaga keanekaragaman hayati, mendukung proses pembentukan tanah, siklus air dan

hara dan mempertahankan nilai budaya, rekreasi (eco – tourism) dan estetika (Van Noordwijk *et al.*, 2004; Baveye *et al.*, 2016). Berkurangnya jasa lingkungan pada lahan pertanian kemungkinan besar berhubungan dengan berkurangnya diversitas tanaman yang ditanam, dan berubahnya komposisi jenis tanaman yang di tanam, sehingga kondisi iklim mikro berubah maka biodiversitas dalam tanah juga berubah, salah satunya adalah grup fungsional penggali tanah (*ecosystem engineers*) cacing tanah (Hairiah *et al.*, 2006, Barrios *et al.*,

1987). Tingkatan intensifikasi penggunaan lahan di suatu lanskap bervariasi mulai dari sistem yang sangat extensif “perladangan berpindah” hingga sistem pertanian yang sangat intensif (hortikultura) dimana kondisi kesuburan tanahnya dibawah teknik pengawasan penuh (pemupukan, penggunaan pestisida, irigasi, pengolahan tanah dan penyiangan gulma) (Giller *et al.*, 1997). Hasil penelitian di DAS Way Besai, Sumberjaya Lampung Barat yang dilaporkan oleh Dewi *et al.*, (2006), bahwa konversi lahan hutan menjadi system agroforestry kopi dan kopi monokultur menurunkan jumlah pori makro 19,5% di lahan hutan, 7,9% di agroforestri kopi dan 5,6% di lahan kopi monokultur, begitupun dengan jumlah cacing tanah. Demikian juga hasil pengamatan di India oleh Chaudhuri dan Nath (2011) bahwa populasi cacing tanah di hutan alami lebih rendah dari pada di hutan karet yang terutama didominasi oleh species exotic *Ponthoscolex corethrurus* diduga karena adanya interfensi manusia pada lahan hutan karet seperti pembersihan hutan, penyiangan. Selain itu Chaudhuri dan Nath (2011) juga menjelaskan bahwa rendahnya keanekaragaman hayati di lahan karet monokultur berkorelasi positif lahan hutan campuran dimana index dominasi cacing tanah *Ponthoscolex corethrurus* di lahan karet monokultur sebesar (0,62%) lebih tinggi dibandingkan di lahan hutan campuran sebesar (0,20%). Cacing tanah kebanyakan dijumpai pada lapisan atas 0-15 cm dengan suhu rata-rata 27°C dan kelembaban tanah 23%, pH tanah 4,57 dan total C-organic 1,37%.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi, perbedaan pemanfaatan lahan antara lahan hutan sekunder (HS), agroforestry (AF) dan lahan pertanian intensif (PI) mempengaruhi keanekaragaman cacing tanah, dimana

hanya ditemukan empat jenis (Genus) jacing tanah (*Pontoscolex*, *Megascolex*, *Lumbricus* dan *Perithima*), berkurangnya spesies cacing tanah tidak terlepas dari manajemen lahan, semakin tinggi intensifikasi pengelolaan lahan maka keanekaragaman cacing tanah akan menurun (Giller *et al.*, 1997).

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kawasan Penyangga Tn. Kelimutu Kabupaten Ende Propinsi Nusa Tenggara Timur, Penelitian dilakukan dengan melakukan pengambilan contoh di 4 macam lahan agroforestry (AF) milik petani, yaitu: (a) AF berbasis cengkeh (AF-CK), (b) AF berbasis kakao (AF-KK), (c) AF berbasis kemiri (AF-KM), (d) AF berbasis kopi (AF-KP). Hasil pengukuran di keempat macam tersebut dibandingkan dengan pengukuran di lahan pertanian intensif (SPL-PI) milik masyarakat dan di lahan hutan sekunder (SPL-HS).

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, skop, patok kayu, tali raffia, karung plastik, frem/kuadran yang berukuran 0,5 m x 0,5 m, timbangan manual berukuran 5 kg. kertas label, botol sampel cacing, wadah plastik (30 x 30 cm, namapan, meter pita, meter rol, pinset, kantung plastic, kertas label, alat tulis (Spidol warnah, bolpen, pensil, karet penghapus), gunting, sisir seresah, lembaran isian (table data) dan kalkulator GPS (Geography Position System), Lightmeter, alat pengukur suhu, dan kelembaban (Thermo – hygrometer), pH meter, Soil tester, dan alat pendukung seperti kamera, kaca

pembesar. Bahan yang digunakan pada penelitian ini alcohol 75%.

### Rancangan penelitian

Penentuan sebaran PCP dipilih berdasarkan hasil survey yang dapat mewakili variasi lahan. Pengamatan lapang dilakukan pada enam system penggunaan lahan (SPL) yang di ulang 3 kali. Pengukuran populasi vegetasi yang mempengaruhi keadaan iklim mikro dan masukan seresah terhadap populasi dan diversitas cacing tanah. Pada setiap system penggunaan lahan, menggunakan PCP dengan ukuran 20 x 20 m.

### Variable Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan di masing – masing SPL (system penggunaan lahan) ada 2 kelompok: (A). Intensifikasi Penggunaan Lahan (R) atau index LUI, jenis tanaman yang ditana, serta nilai C-organik tanah. Dan Kelompok (B). Variabel Cacing tanah terdiri dari : Keanekaragaman dan jumlah cacing tanah ; Biomass cacing tanah. Dan Contoh tanah dan cacing tanah diambil dari 4 lahan milik petani yang berbeda sebagai ulangan.

### Analisis Data

#### Analisis Varian (Anova)

Pengujian anova terhadap semua data yang diperoleh digunakan untuk menguji perbedaan antar sumber keragaman yaitu sistem penggunaan lahan dan kedalaman tanah, menggunakan program Gensta edisi 4 dan Microsoft excel 2010.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat intensifikasi penggunaan lahan di TN Kelimutu tergolong sangat

intensif dengan nilai R dan index LUI = 79, dimana jumlah spesies dan populasi cacing tanah di lahan tersebut tergolong rendah, dengan populasi cacing yang ditemukan hanya 0,2 (ekor m<sup>-2</sup>) dan Index keanekaragaman hanya 0,68. Selain pola manajemen lahan yang intensif, berkurangnya jumlah jenis tanaman yang ditanam juga mempengaruhi populasi dan keanekaragaman cacing tanah. Pada pertanian intensif hanya ditanam 6 jenis tanaman yang ditanam (hanya jenis sayuran), sedangkan di SPL-AF lebih beragam, secara keseluruhan sebanyak 15 jenis tanaman yaitu : kemiri, dadap, empupu, alpokat, mahoni, nagka, gamal, cengkeh, jita, lamtoro, pinang, mangga, kelapa, sawo duren, kakao, dan kopi, dan SPL-HS Sebanyak 17 jenis tanaman (Tabel.1) . Beragamnya jumlah jenis tanaman yang ditanam menghasilkan biomasa seresah yang besar sebagai makanan bagi cacing tanah (Fragoso *et al.*, 1996). Seresah di SPL-PI sangat kurang bahkan tidak ditemukan begitu pula limbah hasil panen, semuanya pun diangkat keluar lahan sebagai pakan ternak. Berkurangnya masukan seresah di SPL-PI juga menyebabkan berkurangnya kandungan karbon organik. Karbon organik ditemukan di SPL-HS sebesar 6 % sedangkan di SPL-PI hanya sebesar 1 % saja (Tabel 1).

Tingginya masukan seresah dan kandungan karbon organik tanah disuatu lahan biasanya diikuti dengan meningkatnya populasi dan bertambahnya biomasa cacing tanah (Bertrand *et al.*, 2014) begitupun sebaliknya jika berkurangnya kandungan karbon organik dan masukan seresah

maka populasi dan biomasa cacing tanah akan berkurang (Hairiah *et al* 2006). Wibowo (1999) juga menjelaskan berkurangnya masukan seresah dari 12 Mg ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> di hutan menjadi 9 Mg ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> (budidaya pagar) menyebabkan hilangnya 1 spesies cacing tanah dan jika berkurang hingga 3 Mg ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> maka terjadi kehilangan 2 spesies cacing tanah.

Selain masukan seresah yang kurang di lahan pertanian intensif menurut Giller *et al.*, (1997) sering menggunakan input luar berupa pupuk, pestisida, pengolahan tanah, dan pengairan yang rutin dilakukan dan tidak terkontrol, serta terjadi pemadatan tanah di lahan pertanian (Bertrand *et al.*, 2014)

Tabel. 1 Level Intensifikasi Enam Sistem Penggunaan Lahan

SPL	Index R & LUI	Jumlah jenis tanaman yang ditanam (jenis m <sup>2</sup> )	Index keanekaragaman n cacing	Populasi cacing (ekor m <sup>-2</sup> )	C-org (%)
AF-CK	0	12	0,74	3,9	2,1
AF-KK	0	13	1,39	1,9	2,5
AF-KM	0	9	0,15	1,5	3,1
AF-KP	0	14	1,81	1,9	2,3
SPL-HS	0	17	1,58	5,1	6,1
SPL-PI	78,89	6	0,68	0,2	1,1

Keterangan : . SPL = Sistem penggunaan lahan, AF. CK = Agroforestry Cengkeh, AF. KK = Agroforestry Kakao, AF. KM = Agroforestry Kemiri, AF. KP = Agroforestry Kopi, HS = Hutan Sekunder, PI = Pertanian Intensif, R = Ruthenberg

**Layanan lingkungan Agroforestri di TN Kelimutu**

Penerapan system agroforestri di TN. Kelimutu memberikan dampak positif seperti tetap terjaganya layanan lingkungan dan tercukupya kebutuhan masyarakat setempat seperti : (a) Kehidupan (penyediaan pangan dan kayu bakar, penyediaan air bersih), (b) budaya (spiritual, inspirasi dan pendidikan), (c) Penunjang (pembentukan tanah, siklus hara), dan (d) Regulasi (regulasi iklim, regulasi air, regulasi hama dan penyakit dsb). Secara luas akan berdampak pada kehidupan. Layanan lingkungan oleh agroforestri khususnya dalam menjaga

tingkat kesuburan tanah yaitu tetap kontinyu dalam mempertahankan populasi dan keanekaragaman cacing tanah. Mekanisme proses cacing tanah terjadi jika populasi berlimpah dan hidup di dalam agroekosistem tanah, dimana beragamnya cacing tanah, (jumlah individu) (Diana and Zachary., 2011), dan biomasanya tergantung pada manajemen penggunaan lahan diatasnya (Riley., *et al* 2008 ; Pelosi *et al.*, 2009 ; Bertrand *et al.*, 2014) seperti pengembalian sisa hasil panen, seresah (daun, Bungan, ranting) ke tanah dan pola tanam juga perlu di perhatikan. Pada

penelitian ini terjadi hubungan antaran manajemen penggunaan lahan dan populasi cacing tanah, bahwa populasi cacing tanah meningkat di lahan – lahan dengan indeks intensifikasi rendah seperti di SPL-AF, dan SPL-HS begitupun dengan keragamannya. Di pertanian dengan tingkat Intensifikasi tinggi populasi dan biomasa cacing tanah rendah dibandingkan dengan SPL-AF dan SPL-HS begitupun dengan jumlah spesies Cacing tanah. Semakin tingginya populasi cacing tanah biasanya diikuti oleh peningkatan produksi kascing yang dihasilkan. Kascing merupakan hasil sekresi cacing yang kaya unsur hara (Fragoso *et al.*, 1996 ; Bardgett and Cook, 1998 ; Bertrand *et al.*, 2014) meningkatnya populasi cacing tanah di lahan – lahan pertanian juga berhubungan dengan meningkatnya porositas tanah akibat aktifitas cacing tanah yang melakukan penetrasi ke bagian dalam lapisan tanah, sehingga dapat menekan limpasan permukaan, mengurangi erosi, serta meningkatkan infiltrasi air hujan dan sirkulasi udara kedalam tanah menjadi lebih baik dan mengurangi pemadatan tanah (Widianto *et al.*, 2004)

### **Mengapa manajemen lahan penting bagi keberlangsungan hidup cacing tanah?**

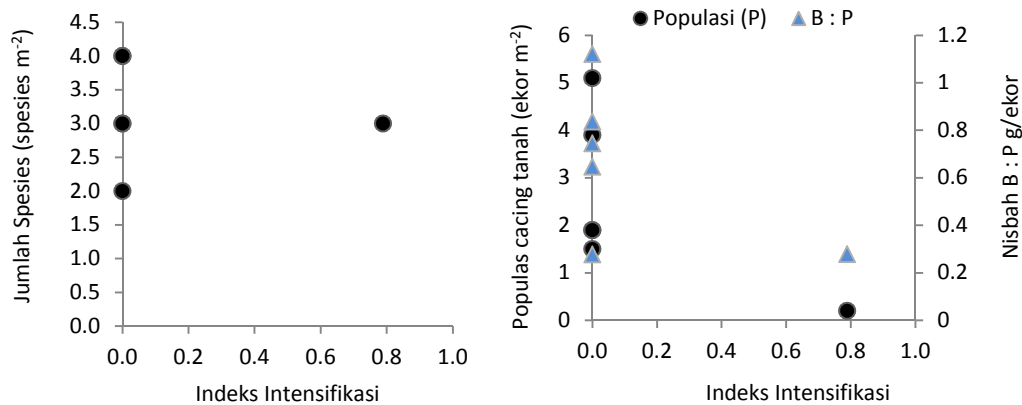
Manajemen lahan merupakan hal penting dalam mempertahankan kelestarian “ekosistem engineer”. Untuk hal ini perlu diperhatikan oleh pelaku usaha pertanian untuk menjaga dan memajemen lahannya dengan kaidah – kaidah konservasi sehingga kelestarian organisme tanah tetap terjaga. Di tanah, cacing tanah merupakan komponen terbesar dari biomassa hewan (Fragoso et

*al.*, 1997) yang berperan dalam jasa ekosistem seperti pengembangan struktur tanah, pengaturan air, siklus unsur hara, dan meremediasi polusi tanah. (Blouin *et al.*, 2013). Ketidak bijakan dalam memajemen suatu lahan akan menghilangkan spesies asli cacing tanah. Hasil penelitian Dewi *et al.* (2006) menunjukkan bahwa sebagian besar cacing tanah asli hilang diakibatkan dari manajemen lahan pertanian yang tidak bijak seperti system pertanian intensif yang menitikberatkan pada capaian produksi semaksimal mungkin, tanpa mempertimbangkan aspek ekologis yang berdampak pada menurunnya layanan ekosistem. (Wolters *et al.*, 2000)

Manajemen lahan pertanian dianggap penting didasari bahwa tanaman dan organisme tanah saling mempengaruhi satu sama lain baik itu mutualis maupun antagonis. Manajemen lahan dengan berbagai variasi vegetasi lebih mampu menjaga keseimbangan “ekosistem engineer” (cacing tanah) karena masukan bahan organik (daun, ranting, dan sebagainya) lebih beragam. Blouin *et al.* (2013) dalam tulisanya menjelaskan bahwa beragamnya masukan seresah berupa daun dan ranting lebih meningkatkan populasi cacing tanah sehingga berkontribusi dalam mengubah dan mentranslokasikan bahan organik di permukaan tanah ke dalam tanah dapat mencapai 90 – 100 % setiap tahunnya. Pada penelitian ini menunjukkan manajemen lahan mampu mempengaruhi keberlangsungan hidup cacing tanah. Pada lahan agroforestry dan hutan sekunder lebih mampu menjaga populasi cacing tanah dimana populasi cacing tanah sama antar lahan agroforestry dan hutan sekunder dengan

rerata sebesar (3 ekor  $m^{-2}$ ) di bandingkan di lahan pertanian intensif reratanya hanya sebesar (0,24 ekor  $m^{-2}$ ). Begitupun dengan jumlah spesies dan rasio biomassa dan populasi cacing tanah perkornya. Dari hasil ini manajemen

lahan merupakan faktor penting dalam mendukung dan menjaga keberlangsungan kehidupan cacing tanah. yang ditemukan menunjukkan tidak ada perbedaan nyata



Gambar 1. Jumlah spesies cacing tanah (A) dan kepadatan serta ukuran cacing tanah (nisbah biomasa/kelimpahan) (B) pada berbagai Index Intensifikasi Penggunaan Lahan ( $I_{LUI}$ ) **Trade Off**

Secara global menurut FAO (2009) Sekitar 40 % lahan yang berada di permukaan bumi didominasi oleh lahan pertanian yang diusahakan. Beberapa hasil penelitian secara jelas mengemukakan hubungan antara penyediaan berbagai jasa ekosistem dari sistem pertanian. Umumnya, jasa ekosistem tidak berdiri sendiri antara satu dengan yang lainnya, tetapi tidak sejalan. Di lahan pertanian yang orientasinya pada produksi seperti makanan, bioenergy, konservasi tanah, penyerapan karbon, maupun sebagai penyedia jasa budaya, dan konservasi keanekaragaman hayati, juga memiliki hubungan timbal balik dengan produksi. pola pikir masyarakat tentang agroforestri belakangan ini mulai bergeser karena adanya kepentingan local (produksi kayu dan non-kayu seperti latex, buah dan obat) maupun global (mitigasi emisi GRK, pengentasan kemiskinan dan

ketahanan pangan). Seperti pada lahan – lahan agroforestri di kawasan penyangga TN. Kelimutu masyarakat memanfaatkan jenis pohon sebagai kayu bakar, kayu bangunan, buah, minuman, minyak goreng, obatan dan pakan. Peranan agroforestri baik pada skala plot maupun lanskap adalah : 1). Dapat mempertahankan kesuburan tanah, mengendalikan limpasan permukaan dan erosi (Widianto *et al.*, 2007) dan mengendalikan serangan hama dan penyakit (Schroth *et al.*, 2000), mengurangi kehilangan dan meningkatkan penyerapan hara dengan mengatur kedalaman perakaran, pengaturan tata air, mempertahankan keanekaragaman hayati dan cadangan karbon daratan. Penurunan layanan lingkungan biasanya seiring dengan tingginya tuntutan produksi sehingga terjadi trade off (di satu sisi menguntungkan tetapi harus

mengorbankan sisi lain). Meningkatnya system pertanian termasuk agroforestry akan diikuti oleh peningkatan produksi tetapi diikuti pula oleh penurunan tingkat keanekaragaman hayati dan layanan lingkungan yang lain (Alison, 2010). Hal ini tidak akan terjadi jika dapat memajemen lahan dengan tepat sesuai kaidah – kaidah konservasi. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa populasi cacing tanah di lahan agroforestri dan hutan sekunder tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) rerata sebesar (3 ekor  $m^{-2}$ ) yang artinya bahwa lahan agroforestri dapat mempertahankan populasi cacing tanah sesuai atau sama dengan lahan hutan sekunder ini diduga bahwa manajemen perawatan yang tepat pada lahan agroforestri (keanekaragaman hayati pohon dan tanaman menyerupai hutan, ketersediaan hara dari bahan organik berupa seresaha, ranting, dan batang pohon yang gugur dan melapuk) sedangkan di lahan pertanian intensif berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Ini sejalan dengan hasil survey yang dilakukan oleh Clough *et al.* (2011) selama 2 tahun di Taman Lore Lindu (Sulawesi Tengah) menjelaskan bahwa dengan manajemen perawatan yang tepat dapat mempertahankan ketersediaan hara yang cukup dan tenaga kerja yang cukup maka kekayaan spesies dari grup (taxonomic) tanaman, jamur endofitic, vertebrata dan invertebrata pada 43 lahan agroforestri kakao milik petani dapat meningkatkan produksi kakao dan Hasil analisis trade off antara tingkat naungan terhadap keberadaan burung menjadi sangat sering dan keanekaragaman burung dikarenakan pohon penaung dijadikan sebagai tempat bertengger, sumber makanan dan tempat berlindung.

### Synergi

Secara global luasan tutupan hutan (hutan primer, sekunder dan hutan industry) di Indonesia terus menurun, hal yang sama terjadi pula pada luasan agroforestri, sementara luasan tutupan lahan dengan luas tutupan lahan perkebunan terus meningkat (ICRAF, 2011). Berdasarkan data ICRAF (2011) menjelaskan bahwa dalam kurun waktu 20 tahun terjadi penurunan luasan hutan primer (undisturbed forest) sebesar 50%, begitupun dengan hutan sekunder dan hutan industry terjadi peningkatan luasannya sebesar 50% dan 75%. Hal inilah yang menunjukkan bahwa deforestasi di Indonesia sekitar 1,82 juta ha/th, 1,20 juta ha/tn, 0,85 juta ha/th di tiap lahan yang ada di Indonesia dan berdampak besar terhadap emisi nasional. Oleh karenanya masyarakat internasional ber-sepakat untuk mengurangi emisi karbon melalui pemberian insentif oleh negara-negara maju (industry) bagi negara berkembang yang menekan emisinya dengan mempertahankan keutuhan hutannya, dan meningkatkan cadangan karbon di luar kawasan hutan, seperti dalam system agroforestri yang luasannya juga cukup besar. Agroforestri adalah pengkombinasian antara tanaman pohon, tanaman semusim, tanaman buah dll yang berada pada suatu lahan yang sama. Di kawasan penyangga TN. Kelimutu agroforestri adalah kebun yang di biarkan tanpa perawatan yang intensif dengan berbagai jenis tanaman seperti pohon, tanaman buah, bahkan ada tanaman musiman, yang menurut masyarakat setempat merupakan kebun yang dijadikan investasi jangka menengah dan jangka panjang. Di lahan agroforestri ini puluh masyarakat

setempat memanfaatkan tanaman sebagai kayu bakar, kayu bangunan, buah, minuman, minyak goreng, obat, dan pakan. Hal ini sejalan dengan Hairiah *et al.* (2001) menguraikan peranan agroforestri dalam skala local adalah sebagai sumber pendapatan petani, perlindungan tanah dan air di sekitarnya, dan skala global adalah sebagai perlindungan terhadap keanekaragaman hayati, pengendalian emisi karbon, dan mempertahankan nilai estetika lanskap. Jika penerapan tersebut dilakukan dengan maksimal maka dapat diprediksi bahwa pengalih fungsian lahan baik itu hutan maupun lahan agroforestri ke lahan pertanian intensif dapat di tekan bahkan bila agroforestry telah terbentuk dan menguntungkan secara ekonomi, kemungkinan untuk dialihgunakan menjadi bentuk penggunaan lain relatif kecil, kecuali bila ada tawaran lain yang jauh lebih menarik. Secara fisik agroforestri mempunyai susunan kanopi tajuk yang berjenjang (kompleks) dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam pula, sehingga agroforestri merupakan teknik yang bisa ditawarkan untuk penyesuaian karena mempunyai daya sangga (buffer) terhadap efek perubahan iklim antara lain pengendalian iklim mikro (Van Noordwijk, 2013), mengurangi terjadinya longsor (Hairiah *et al.*, 2006), limpasan permukaan dan erosi serta mengurangi kehilangan hara lewat pencucian (Widianto *et al.*, 2003; Suprayogo *et al.*, 2001), dan mempertahankan biodiversitas flora dan fauna tanah (Dewi *et al.*, 2006).

## SIMPULAN

Peningkatan pemahaman akan adanya trade-off antara produktivitas,

konservasi lahan dan biaya praktek konservasi yang ramah lingkungan sangat penting untuk memperbaiki rancangan kebijakan dalam pengelolaan lahan di lanskap agroforestri agar rencana pemberian insentif dapat dirancang secara efektif. Kuantifikasi manfaat keanekaragaman hayati di dalam lanskap agroforestry untuk peningkatan produksi pertanian (baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang) perlu dilakukan, sebagai contoh pengendalian hama dan penyakit dan perbaikan organisma tanah serta penyediaan air dan hara bagi tanaman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dengan caranya masing – masing dalam melengkapi tulisan ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*, 2nd edn. Academic Press, New York.
- Alison G. Power. 2010. *Ecosystem services and agriculture : tradeoffs and synergies*. The Royal Society. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca, NY, USA. 2959 – 2971
- Anderson J. M., and Ingram, J. S. I., (eds) (1993) *Tropical Soil Biology and Fertility : A Handbook of Methods*, 2<sup>nd</sup> edition, CAB International, Wallingford
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Ende, 2014.
- Bardgett, R. D. & van der Putten, W. H. *Belowground biodiversity and*



- ecosystem functioning*. Nature 515, 505–511 (2014)
- Bardgett R. D., Whittaker J. B, Frankland J. C. 1993c. *The diet and food preferences of Onychiurus procampatus (Collembola) from upland grassland soils*. Biology Fertility Soils 16, 296 - 298.
- Barois I., Verdier B., Kaiser P., Mariotti A., Rangel P., and Lavelle P. 1987. *Influence of the tropical earthworm Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae) on the fixation and mineralization of nitrogen*. In: O.P. Pagliai and A.M. Bon vicini (Editors), On Earthworms. Mucchi Editore, Modena, Italy, pp. 151-158.
- Basker A., Kirkham J. H., and Macgregor A. N.1993. *Changes in potassium availability and other soil properties due to soil ingestion by earthworms*. Biology Fertility Soils., 17: 154 - 158.
- Beare M. H., Reddy M. V., Tian G., Srivastava S. C.1996 *Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota*, Applied Soil Ecology
- Bertrand M., Seabstian B, Blouin M. Joaan W, Oleveira T, Estrade J. R. 2014. *Earthworm services for cropping systems*. Official journal of the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
- Blakemore R.J. 2002. *Cosmopolitan Earthworms – an Eco – Taxonomic Guide to the Perogrine Species of the World*, Canberra VermEcology.
- Blouin M., Hodson, M. E. Delgado E. A., Baker G., Brussaard L., Butt K. R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J. E., Cluzeau D., Brun J.-J. 2013. *A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services*, European Journal of Soil Science
- Bouche M. B. 1977. *Strategie lombriciennes*In: Lohm, U., Persson, T., (Eds.), *Soil Organisms as Components of Ecosystems*. Ecological Bulletins, Stockholm, 25, pp. 122 - 132 .
- Chaudhuri. P.S, Nath Sabyasachi. 2011. *Community structure of earthworms under rubber plantations and mixed forests in Tripura, India*, Journal of Environmental Biology. India. 2, 537-541
- Clough Y, Barkmann J, Juhbandt J, Kessler M, Wanger T C, Anshary A, Buchory D, Ciczuzza D, Darras K, Putra D D, Erasmi S, Pitopang R, Schmidt C, Schulze CH, Seidel D, Steffan-Deventer I, Stenchly K, Vidal S, Weist M, Wielgoss A C and Tschardtke T, *Cobining high biodiversity with high yields in tropical agroforests*. PNAS (<http://www.pnas.org/cgi/doi/> / pnas )
- Couateaux M. M., Darbyshire J. F., 1997. *Functional diversity amongst soil protozoa*, Applied Soil Ecology, France
- Curry J. P., 1994. *Grassland Invertebrates* Chapman & Hall, London, 437.pp
- Curry J.P., 1998. *Factor Affecting Earthworm Abundance in Soil*. In: Edwards, C.A. (Ed.) *Earthworm ecology*. CRC Press LLC. Washington D.C. Pp 37-64.

- Darmawan A., Setyawati, R., Yanti H. 2014. *Keanekaragaman Cacing Tanah (Kelas Oligochaeta) di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Batu Layang Kecamatan Pontianak Utara*. Protobiont. Pontianak. Vol 3 (2): 171 - 176
- Deruiter P. C., Neutel A. M., Moore J. C. 1997. *Biodiversity in soil ecosystems : the role of energy flow and community stability*, *Applied Soil Ecology*, Colorado 80639, USA
- Dewi, W. S., Yanuwiyadi, B., Suprayogo, D. dan Hairiah, K. 2006. *Alih Guna Hutan Menjadi Lahan Pertanian: (1) Dapatkah sistem agroforestri kopi mempertahankan diversitas cacing tanah di Sumberjaya?* AGRIVITA VOL 28 NO 3.
- Diana H. W., and Zachary A. S. 2011 *Linking Soil Biodiversity And Vegetation : Implications For A Changing Planet*, *American Journal of Botany* 98(3) : 517 – 527.
- Dwiastuti S., Sajidan., Suwarno. 2015. *Hubungan kepadatan cacing tanah dan kascing pada berbagai penggunaan lahan di gondang rejo, kabupaten karanganyar, jawa tengah*. Universitas Seblas Maret, Surakarta
- Edwards, C. A., and J. R. Lofty. 1977 *Biology of Earthworms*, Chapman and Hall 190 - 202.
- FAO. 2009 Statistics from [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org), updated April 2009. Rome, Italy: FAO.
- Fragoso C., Brown G. G., Ptron J. C., Blanchart E., Lavelle P. Pashanasi B., Senapati B., Kumar T., 1997. *Agricultural Intensification Soil Biodiversity and Agroecosystem Function In the Tropics; The role of earthworm Applied Soil Ecology*.6; 17-35
- Giller K.E., Beare M. H., Lavelle P., Izac A. M. N., Swift, M.J. 1996. *Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem Function*, *Applied Soil Ecology*
- Hairiah K., Suprayogo, D., Widiyanto, Berlian, Suhara, E., Mardiasuning, A., Widodo, R.H., Prayogo, C., Rahayu, S., 2004. *Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian: ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah*. *Agrivita* 26 (1), 68–80.
- Hairiah K., Sulistyani, H., Suprayogo, D., Widiyanto, Purnomosidhi P., Widodo R.H., dan van Noordwijk, M. 2006. *Litter layer residence time in forest and coffe agroforestry system in sumberjaya, West Lampung*. *Forest Ecology and Management* 224 (2006) 45-57.
- Hairiah K., Suprayogo D., Widiyanto, Berlian, Suhara E., Mardiasuning A., Widodo R. H., Prayogo C., dan Rahayu S. 2001. *Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Agroforestri Berbasis Kopi: Ketebalan Seresah, Populasi Cacing Tanah dan Makroporositas Tanah*, Universitas Brawijaya, Malang
- Hairiah K., dan Ashari S. 2013. *Pertanian Masa Depan. Agroforestry, Manfaat dan*

- Layanan Lingkungan*, Universitas Brawijaya, Malang
- Handayanto E.1994. *Nitrogen Mineralization from Legume tree prunings of Different Quality. Thesis for Doctor of Phylosophy.* Wye College, University of London.
- Harja D. dan Vincent G. 2008. *SExI – FS Spatially Explicit Individual – based Forest Simulator*, World Agroforestry Center (ICRAF)
- Inubushi K., dan Watanabe I. 1986. *Dynamics of available N in paddy soils.* Soil Sci. Plant Nutr., 3: 561-578.
- Lavelle, P., 1978. *Les Vers de Terre de la Savanne de Lamto (Crte d'Ivoire). Peuplements, Populations et Fonctions de l'F.cosystbme.* Publications Laboratoire de Zoologke, E.N.S., Paris, No. 12, pp, 1-301
- Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia 2001. Nomor 70 / Kpts – II Tentang *Penetapan Kawasan Hutan, Perubahan Status dan Fungsi Kawasan Hutan.* Jakarta.
- Lavelle P., Melendez G., Pashanasi B., and Schaefer R. 1992a. *Nitrogen mineralization and reorganization in casts of the geophagous tropical earthworm Pontoscolex corethurus (Glossoscolecidae).* Biology. Fertility. Soils., 14: 49-53.
- Lavelle, P., Blanchart E., Martin A., Spain A., and Martin S. 1992b. *Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics.* In: Lal R., and Sfinchez P.A. (Editors), *Myths and Science of Soils of the Tropics.* Special Publication No. 29 SSSA, Wisconsin, pp. 157-185.
- Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Martin S., Spain A., Toutain F., Barois I., and Schaefer R. 1993. *A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics.* Biotropica, 25: 130 – 150.
- Lavelle, P.; Barros, E.; Blanchart, E.; Brown, G.; Desjardins, T.; Mariani, L. and Rossi, J-P. 2001. *SOM Management in the Tropics: why Feeding the soil Macrofauna?* Agroecosystems 61: 53-61
- Lee, K. E. 1985. *Earthworm Their Ecology and Relationships with Soil and Land Use.* CSIRO Division of Soil Adelaide. Academic Press, Sydney.
- Moore J., C, Walter D.E., Hunt H.W. 1988. *Arthropod regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs.* Annu. Rev. Entomol. 33, 419±439.
- Paul, E.A. and Clark, F.E., 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry.* Academic Press, San Diego, CA.
- Munyanziza E., Kehri H. K., Bagyaraj D. J. 1996. *Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics : the role of mycorrhiza in crops and trees,* Applied Soil Ecology
- Patrick J. Bohlen and Clive A. Edwards. 1995. *Earthworm Effects On n Dynamics and Soil Respiration In Microcosms Receiving Organic and Inorganic Nutrients* Soil Biol. Biochem. Vol. 27. No. 3. pp.341-

- 348, The Ohio State University, Columbus, OH 45210, U.S.A.
- Prasanth Narayanan S. , Sathrumithra, Christopher S., Thomas G, A. P. dan Julka J. M. 2016. *Current distribution of the invasive earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) after a century of its first report from Kerala state, India* *Opusc. Zool. Budapest.* 101–107
- Purwanto, Handayanto E, Suprayogo D, dan Hairiah, K. 2006 *Dampak Alih Guna Hutan Menjadi Agroforestry Kopi Terhadap Tingkat Nitrifikasi : Inventori populasi dan aktivitas bakteri nitrifikasi.* AGRIVITA 28(3): 267-268
- Richard D, Bardgett, R. Cook. 1998. *Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grass lands,* Applied Soil Ecology, Manchester M13
- Ruiz N and Lavelle P. 2008. *Soil Macrofauna Field Manual Food and Agriculture Organization* (FAO)
- Ruthenberg H.1980. *Farming Systems in the Tropics.* Clarendon Press, Oxford, 424 pp.
- Sagita L., Siswanto B., Hairiah K. 2014. *Studi keanekaragaman dan kerapatan nematoda pada Berbagai sistem penggunaan lahan di sub das Konto,* Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol. I No. 1 : 53 – 63, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sardjono M A., Djogo T., Arifin H. S., dan Wijayanto N. 2003. *Klasifikasi dan Pola Kombinasi Komponen Agroforestri.* World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor
- Schroth G, Krauss U, Gasparotto L, Aguilar A, and Vohland K. 2000. *Pest and diseases in agroforestry systems of the humid tropics.* Agroforestry Systems, 50:
- Seastedt T. R. 1984. *The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes.* Annu. Rev. Entomol. 29,25±46.
- Setyaningsih H., Hairiah K., dan Dewi W. S. *Respon Cacing Penggali Tanah *Ponthoscolex Corethrurus* Terhadap Berbagai Kualitas Seresah,* Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol. 1 No. 2 : 58 – 69, 2014
- Setiawan Y. Sugiyarto, Wiryanto. 2003. *Relationship of soil macrofauna and mesofauna populations with content of C, N, polyphenols, and ratio of C/N and polyphenols/N plant organic matter,* Biosmart Vol. 5 No. 2 : 134-137
- Sihombing, D. T. H. 2002. *Satwa Harapan I. Pengantar Ilmu dan Teknologi Budidaya* Pustaka Wirausaha Muda. Bogor.
- Stephenson, J. 1923. *The Fauna of British India Including Ceylon and Burma Oligochaeta.* Taylor and Francis, Red Lion Court, Fleet Street. London.
- Subowo, G. 2011. *Peran cacing tanah kelompok endogaesis dalam meningkatkan efisiensi pengolahan Tanah lahan kering.* Balai penelitian tanah. Bogor
- Suntoro. 2002. *Prediksi pengaruh aktivitas asam organik hasil dekomposisi berbagai sumber*

- bahan organik terhadap Fe, Al dan ketersediaan P dioxid destrukt.* *Jurnal Sains Tanah* 1 (2): 11-14.
- Suprayogo D., K. Hairiah, Nuraini W., Sunaryo, Van. Noordwijk, 2003. *Peran Agroforestry pada Skala Plot : Analisa Komponen Agroforestry Sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan.* ICRAF. Bogor
- Suprayogo. D., Widiyanto, Purnomosidi P., Widodo R. H., Rusiana F., Aini Z. Z., Khasanah N., dan Kusuma Z. 2001. *Degradasi sifat fisik tanah sebagai akibat alih guna lahan Hutan menjadi sistem kopi monokultur : Kajian perubahan makroporositas tanah,* Universitas Brawijaya, Malang.
- Swibawa, I.G dan Aeny, T.N. 1999. *Nematoda Parasit Tumbuhan pada Perkebunan Pisang di Lampung.* *Jurnal Pengembangan Wilayah Lahan Kering* No.24 : 21-27.
- Tian, G. 1992. *Biological Effects of Plant Residues with Contrasting Chemical Compositions on Plant and Soil under Humid Tropical Conditions.* PhD Thesis. Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Tian, G. Olimah J. A., Adeoye G. O., and Kang B.T. 2000. *Regeneration of Earthworm Populations in a Degraded Soil by Natural and Planted Fallows under Humid Tropical Conditions Published in Soil Sci. Soc. Nigeria.* Am. J. 64:222±228
- Undang – undang Republik Indonesia 1999. Nomor 41 Tentang Kehutanan. Jakarta.
- Van Noordwijk, M., and Swift, M.J. 1999. *Belowground Biodiversity and Sustainability of Complex Agroecosystems.* In: A Gafur, FX Susilo, M. Utomo and M van Noordwijk (Eds.). Proceedings of a Workshop on Management of Agrobiodiversity in Indonesia for Sustainable Land Use and Global Environmental Benefits. UNILA/PUSLIBANGTAN, Bogor, 19-20 Agust 1999. ISBN 979-8287-25-8. p 8-28
- Van. Noordwijk dan Hairiah K. 2006. *Intensifikasi Pertanian, Biodiversitas Tanah dan Fungsi Agro – Ekosistem,* Agrivita Volume 28 No. 3, Malang
- Van Noordwijk, Quan Nguyen, Minh Ha Hoang, Ingrid Öborn. 2013. *Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam.* 117:241–257.
- Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J. N., Setälä, H., van der Putten, W.H. And Hail, D.H., 2004. *Ekological Linkages Between Aboveground and Belowground Biota.* SCIENCE Vol.304.pp. 1629-1633
- World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. 148 p. ICRAF, *Accountability and local level to reduce emission from deforestation and degradation in Indonesia.* ALREDDI final report. Bogor, Indonesia: World Agroforestry

- Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. 114 p. IPCC, Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability.
- Wibowo. S. 2015 *Hubungan cacing Tanah dengan Kondisi Fisik, Kimia dan Mikrobiologis Tanah Masam Ultisol di Daerah Lampung Utara*. Agri peat, vol 6. No. 1. 45 – 55
- Widianto, Hairiah K, D. Suprayogo, M. A. Sardjono. 2003. *Peran dan Fungsi Agroforestri*, World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.
- Widianto, Suprayogo D., Noveras H., Widodo R. H., Purnomosidhi P., Van. Noordwijk, 2004. *Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian; Apakah Fungsi Hidrologis Hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur ?* AGRIVITA 26 (1) ;52 - 57
- Widiastuti S. dan Sajidan, 2015. *Kontribusi Naungan Pohon terhadap Kepadatan Cacing Tanah*, Bioedukasi, Volume 7, nomor 2, Halaman 43 – 46