

PERBANDINGAN KEANEKARAGAMAN MESOFAUNA TANAH PADA HUTAN LINDUNG DAN HUTAN KONSERVASI DI LAMPUNG BARAT

Frendika Mahendra¹, Christine Wulandari², Slamet Budi Yuwono²

(1) Program Studi Manajemen Sumberdaya Alam, Universitas Lampung

(2) Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Soemantri Brojonegoro Nomor 1, Gedong Meneng, Kecamatan Raja Basa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141. frendika.mahendra1002@students.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membandingkan tentang keanekaragaman mesofauna tanah di hutan lindung dan hutan konservasi, Kabupaten Lampung Barat. Pengamatan mesofauna tanah dilakukan di hutan kemasyarakatan di Desa Tribudisukur. Penelitian ini disusun dengan menggunakan metode deskriptif. Variabel pengamatan adalah indeks keanekaragaman mesofauna tanah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan keanekaragaman mesofauna tanah di hutan lindung dan hutan konservasi sangat berbeda. Pada penelitian ini ditemukan empat ordo mesofauna di hutan lindung, yang meliputi Acarina, Collembola, Diplura, dan Coleoptera. Kemudian Ada enam ordo mesofauna di hutan konservasi, meliputi Acarina, Collembola, Diplura, Coleoptera, Symphyla dan Diplopoda. Pada penelitian didapat nilai indeks keanekaragaman dari hutan lindung dan hutan konservasi masing masing yaitu 1.01 dan 1.96 dalam katagori rendah. Perbedaan keanekaragaman mesofauna tanah disebabkan oleh perbedaan jumlah dan komposisi vegetasi yang ada di setiap tutupan lahan.

Kata kunci: Hutan Lindung, Hutan Konservasi, Keanekaragaman Mesofauna Tanah

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Hayati dan Ekosistemnya, yang disebut dengan Sumber Daya Alam Hayati adalah unsur-unsur hayati di alam, unsur tersebut terdiri atas sumber daya alam nabati (tumbuhan) dan sumber daya alam hewani (satwa) yang bersama dengan unsur non hayati disekitarnya membentuk ekosistem. Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan (UU RI, No. 41, 1999).

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 83 Tahun 2016 bahwa sistem pengelolaan hutan lestari yang dilaksanakan dalam kawasan hutan negara

atau hutan hak/ hutan adat yang dilaksanakan oleh masyarakat setempat atau masyarakat hukum adat sebagai pelaku utama untuk meningkatkan kesejahteraan, keseimbangan lingkungan dan dinamika sosial budaya. Adanya bentuk-bentuknya yaitu Hutan Desa, Hutan Kemasyarakatan, Hutan Tanaman Rakyat, Hutan Rakyat, Hutan Adat dan Kemitraan Kehutanan. Khusus untuk Hutan Kemasyarakatan (Hkm) berbasis Agroforestry disebutkan sebagai hutan negara yang pemanfaatan utamanya ditujukan untuk memberdayakan masyarakat. Hutan memiliki banyak sekali manfaat untuk kehidupan masyarakat sekitarnya dan juga memiliki *carrying capacity* yang tinggi untuk menampung kebutuhan makhluk hidup didalam maupun disekitar hutan (Groffman, dkk., 2015; Martire, dkk., 2015).

Penelitian yang telah dilakukan menyatakan sistem Agroforestry memiliki peran positif dalam pembangunan berkelanjutan pada kasus kelaparan dan

sebagai bentuk adaptasi perubahan iklim serta mendukung keanekaragaman hayati (Amadu dkk. 2019 ; Apuri, dkk., 2018 ; Haggard, dkk., 2019 ; Key, dkk., 2019). Selain itu juga sistem agroforestry pada hutan kemasyarakatan mendukung dalam dua hal utama yaitu permasalahan ekonomi para petani dan permasalahan lingkungan, sistem agroforestry dapat mendukung ekonomi petani dengan menghasilkan beberapa hasil taninya dan dapat menjadi solusi bagi lahan gundul di daerah yang kritis dalam meningkatkan keanekaragaman hayati (Recanati, dkk., 2018 ; Santos, dkk., 2019).

Mesofauna merupakan fauna yang hidup di permukaan tanah pada kedalaman 0-15 cm (Erniyani, dkk., 2010; Guru dan Das, 1988). Mesofauna tanah memiliki ukuran tubuh yang sangat kecil, yaitu berkisar antara 0,2-10 mm (Dindal, 1990). Mesofauna tanah memiliki peranan yang sangat penting di dalam tanah, yaitu sebagai dekomposer bahan organik di dalam tanah. Selain itu, mesofauna di dalam tanah dapat juga digunakan sebagai indikator kesuburan tanah (Adeduntan, 2009). Hal ini disebabkan karena mesofauna tanah hanya dapat hidup di tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, karena bahan organik tanah digunakan oleh mesofauna tanah sebagai sumber energi sehingga mesofauna tanah juga disebut sebagai dekomposer bahan organik tanah (Hilman dan Handayani, 2013). Mesofauna tanah juga dapat menurunkan rasio C/N di dalam tanah dari 28,196 menjadi 22,85 (Guru dan Panda, 1988 ; Wu, dkk., 2015 ; Zhu, dkk., 2017).

B. Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan keanekaragaman mesofauna tanah di hutan lindung dan hutan konservasi.

C. Kerangka Pemikiran Pemecahan Masalah

Perubahan tutupan lahan yang terjadi di berbagai belahan dunia mengakibatkan banyaknya dampak yang ditimbulkan. Penyebab perubahan yang terjadi ada 2 macam yaitu yang disengaja (untuk

meningkatkan kesejahteraan masyarakat) dan tidak disengaja. Dampak positif dan negatif yang ditimbulkan meliputi ekonomi, sosial dan lingkungan. Menurut Mahendra dkk. (2017) bahwa perbedaan fungsi lahan dapat menyebabkan perubahan lingkungan. Penelitiannya tentang penggunaan lahan yang berbeda menyebabkan sifat fisika, kimia dan biologi tanahnya juga menjadi berbeda.

Di Benua Afrika telah dilakukan penelitian mengenai perubahan tutupan lahan oleh Brink dan Eva (2009), menurut mereka bahwa perubahan lahan di Afrika sangat besar. Selama 25 tahun telah terjadi perubahan yang besar pada beberapa sektor seperti pertanian, hutan, non-hutan alami vegetasi dan lahan tandus. Pengamatan perubahan ini dilakukan mulai tahun 1975 sampai 2000 dan telah terjadi peningkatan lahan pertanian sebesar 57%, penurunan hutan sebesar 16.26 % serta peningkatan lahan tandus sebesar 15.3 %. Berbagai program untuk pengelolaan hutan secara berkelanjutan dan menghindari konflik sudah dilakukan oleh lembaga terkait yaitu Kesatuan Pengelolaan Hutan.

Penelitian Monde (2009) menyatakan perubahan lahan yang terjadi di dalam hutan dapat menyebabkan berkurangnya bahan organik di dalam tanah. Bahan organik tanah merupakan sumber energi yang dibutuhkan oleh mesofauna tanah untuk menjaga keberlanjutan hidupnya (Hilman dan Handayani, 2013). Mesofauna tanah yang berperan sebagai dekomposer bahan organik di dalam tanah menjadi indikator kesuburan tanah (Adeduntan, 2009). Perubahan keanekaragaman vegetasi di lahan hutan akibat adanya alih fungsi menjadi lahan pertanian akan menurunkan bahan organik tanah dan dapat menyebabkan menurunnya populasi dan keanekaragaman mesofauna tanah. Menurut Dominguez dkk (2013), Sistem organik dapat meningkatkan fungsi ekosistem dan dapat memperbaiki tanah. Menurut penelitian Gonzalez dan Seastedt (2001), diketahui ada tiga faktor penting yang mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik yaitu diantaranya iklim, kualitas substrat dan fauna tanah.

Selain itu juga ada faktor lain yang mempengaruhi keanekaragaman organisme tanah yaitu kebakaran hutan (Meehan, dkk., 2019). Selain itu dalam bidang ilmu kehutanan ada permasalahan lain yang dapat merusak bagian atas dan lantai hutan salah satunya yaitu *Windthrown*, yaitu salah satu gangguan alam yang dapat berdampak pada organisme tanah pada jangka waktu yang lama, Penelitian Sterzynska dan Sklodowski (2018) menunjukkan adanya dampak terhadap kumpulan *collembola* di lahan hutan tersebut, dan penelitian ini menunjukkan regenerasi *collembola* yang cenderung lambat dikarenakan, *collembola* membutuhkan naungan atau tutupan kanopi untuk mendukung regenerasi. Sistem agroforestry bukan hanya dapat meningkatkan jumlah *collembola* dan jenis mesofauna lainnya tetapi dapat meningkatkan mikroorganisme juga (Zhang, dkk., 2019).

D. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini yaitu hutan konservasi memiliki keanekaragaman mesofauna tanah lebih besar dari pada hutan lindung.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan Desa Tribudisukur, Kecamatan Sumber Jaya Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan bulan Agustus 2019 hingga Oktober 2019. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Analisis indeks keanekaragaman mesofauna tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Laboratorium Hama Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah di hutan kemasyarakatan di kawasan hutan lindung. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Microsoft Office (Word, Excel, dan Power point)*, *Berlesse-Tullgren*, *GPS*, *ring-sample*, cawan petri, bola lampu 25

watt, palu, botol film, mikroskop stereo, mikroskop majemuk *LEICA EZA HD* terintegrasi dengan komputer tali rafia, gelas ukur, alat tulis, *questioner*, kamera, kantung sampel, dan perlengkapan lainnya.

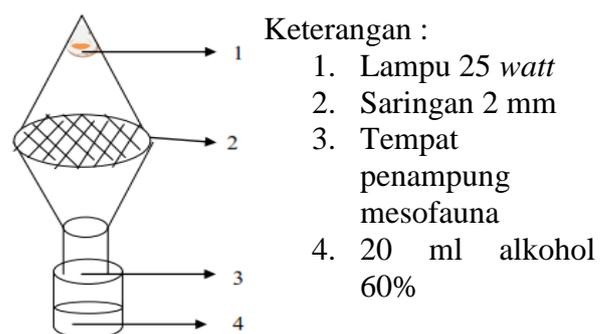
C. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Tribudisukur, Kabupaten Lampung Barat. Pengambilan sampel tanah pada hutan lindung di Kecamatan Sumber Jaya. Pengambilan sampel tanah untuk mesofauna diambil sebanyak lima ulangan dan dilakukan dalam luasan 50 cm x 50 cm pada kedalaman 0-10 cm dan di dalam petak utama dengan ukuran 10 m x 10 m dengan menggunakan *ring-sample* berdiameter 5 cm dan tinggi 5 cm.

D. Pelaksanaan Penelitian

1. Ekstraksi mesofauna tanah

Ekstraksi mesofauna dilakukan dengan menggunakan alat *Berlesse-Tullgren*. Kemudian, mesofauna diekstrak di bawah penyinaran lampu 25 *watt* selama 7 hari. Hasil ekstraksi mesofauna ditampung di dalam botol film yang diisi etanol 60% sebanyak 20 ml. Hasil ekstraksi mesofauna tersebut diamati dengan menggunakan mikroskop stereo lalu diidentifikasi dan dihitung jumlahnya.



Gambar 1. Alat *Berlesse-Tullgren* (Coleman, dkk., 2004)

2. Keanekaragaman mesofauna tanah

Keanekaragaman mesofauna tanah dihitung dengan menggunakan indeks keanekaragaman *Shannon-Wheaver* (Odum, 1983). Berikut formula indeks keanekaragaman *Shannon-Wheaver*.

$$H' : -\sum[(ni/N) \ln (ni/N)]$$

Keterangan :

H' : Indeks keanekaragaman *Shannon-Wheaver*

ni :Jumlah individu jenis ke-i

N :Jumlah total individu yang ditemukan

Indeks keanekaragaman *Shannon-Wheaver* dibagi berdasarkan tiga kriteria (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria Indeks Keanekaragaman

Indeks Keanekaragaman	Kategori Keanekaragaman
$H' \leq 2$	Rendah
$2 < H' = 3$	Sedang
$H' > 3$	Tinggi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Indeks Keanekaragaman Mesofauna Tanah Pada hutan lindung dan hutan konservasi

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa perbedaan indeks keanekaragaman mesofauna tanah dari hutan konservasi dan hutan lindung hanya memiliki perbedaan yang sangat kecil. Kedua jenis hutan ini masih di kategorikan memiliki keanekaragaman mesofauna yang rendah. Pada penelitian ini hanya ditemukan 6 (enam) ordo pada hutan konservasi dan 4 (empat) ordo pada hutan lindung. Perbedaan jumlah ordo ini dipengaruhi oleh jumlah vegetasi pada lokasi penelitian.

Menurut Mahendra dkk (2017) perlakuan perbedaan lahan dan jumlah serta komposisi vegetasi dapat mempengaruhi keanekaragaman mesofauna tanah, dan dapat mempengaruhi sifat kimia (pH, C-organik, N-total, Kdd, P-tersedia) dan fisika tanah (*bulk density, soil temperature, humidity, dan porosity*) pada lahan tersebut.

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman Mesofauna Tanah pada hutan lindung dan hutan konservasi

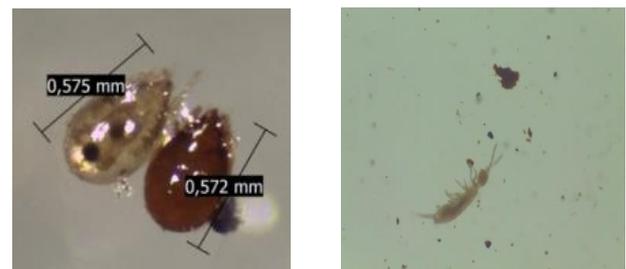
Hutan	Index Keanekaragaman Masofauna
Hutan Konservasi	1.96 (R) (Mahendra, dkk., 2017)
Hutan Lindung	1.01 (R)

B. Keanekaragaman Mesofauna Tanah

Telah ditemukan mesofauna Tanah sebanyak enam ordo pada hutan konservasi di taman nasional bukit barisan selatan yaitu meliputi acarina, collembola, diplura, coleoptera, symphyla, dan diplopoda. Sedangkan pada hutan lindung ditemukan empat ordo yang meliputi acarina, collembola, diplura, dan coleopteran.

Hutan konservasi memiliki keanekaragaman mesofauna lebih tinggi dibandingkan dengan hutan lindung. Namun nilai keduanya masih dikategorikan rendah.

Pada Gambar 2 dapat dilihat beberapa ordo dari mesofauna serasah dan tanah yang memiliki ukuran 0,1 – 2 mm dengan perbesaran 10 x 25 sampai 10 x 35



Gambar 2. Ordo Acarina dan Collembola

Penelitian ini menunjukkan populasi acarina lebih tinggi dibandingkan dengan populasi collembola pada hutan konservasi sedangkan populasi acarina lebih rendah dibandingkan collembola pada hutan lindung. Penelitian Sarkar (1988) menyatakan populasi acarina lebih melimpah dibandingkan dengan populasi collembola karena populasi ordo tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis vegetasi. Acarina akan lebih melimpah pada

vegetasi berdaun lebar sedangkan collembola akan lebih melimpah pada vegetasi yang tidak berdaun lebar.

Menurut Dominguez dkk (2013) menyatakan sistem organik dapat meningkatkan fungsi ekosistem dan dapat memperbaiki tanah. Ada beberapa gangguan atau perusakan tanah yang bisa mempengaruhi ekosistem tanah yaitu *Windthrown* dan kebakaran hutan (Meehan, dkk., 2019; Sterzynska dan Sklodowski 2018) Penelitian mereka menunjukkan adanya dampak terhadap kumpulan collembola di lahan hutan tersebut, dan penelitian ini menunjukkan regenerasi collembola yang cenderung lambat dikarenakan, collembola membutuhkan naungan atau tutupan kanopi untuk mendukung regenerasi. Hal tersebut berdampak pada proses dekomposisi juga, ada tiga faktor penting yang mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik yaitu diantaranya iklim, kualitas substrat dan fauna tanah itu sendiri (Gonzalez dan Seastedt 2001 ; Frouz, J. 2017; Li dkk 2019 ; WWang dkk, 2015).

Mesofauna adalah salah satu indikator kesehatan tanah yang penting, Mesofauna tanah memiliki fungsi ekosistem di dalam tanah yaitu berperan terhadap proses dekomposisi. Mesofauna tanah memiliki peran khusus dalam ekosistem tanah dan memiliki hubungan dengan sifat kimia dan fisika tanah (George dkk 2017 ; Li dkk 2015). Peran fauna tanah dalam proses dekomposisi meliputi pencernaan substrat, peningkatan luar permukaan melalui fragmentasi dan percepatan inokulasi mikroba ke serasah serta suhu tanah dan kelembaban mempengaruhinya (Jiang, dkk 2014).

VI. KESIMPULAN

Kesimpulannya adalah perbedaan antara keanekaragaman mesofauna tanah di hutan lindung dan konservasi berbeda. Pada penelitian ini ditemukan empat ordo mesofauna di hutan lindung, yang meliputi Acarina, Collembola, Diplura, dan

Coleoptera. Kemudian Ada enam ordo mesofauna di hutan konservasi, meliputi Acarina, Collembola, Diplura, Coleoptera, Symphyla dan Diplopoda. Pada penelitian didapat nilai indeks keanekaragaman dari hutan lindung dan hutan konservasi masing masing yaitu 1.01 dan 1.96 dalam katagori rendah. Perbedaan keanekaragaman mesofauna tanah disebabkan oleh perbedaan jumlah dan komposisi vegetasi yang ada di setiap tutupan lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology (SEAMEO BIOTROP)* untuk mendanai penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Hama Tanaman karena menyediakan fasilitas pendukung untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeduntan, S. 2009. Diversity and abundance of soil mesofauna and microbial population in South-Western Nigeria. *African Journal of Plant Science*. 03 : 210-216.
- Amadu, F. O., D. C. Miller dan P. E. McNamara. 2019. Agroforestry as a pathway to agricultural yield impacts in climate-smart agriculture investments: Evidence from southern Malawi. *Ecological Economics*. 167 ; 106-443.
- Apuri, I., K. Peprah, dan G. T. W. Achana. 2018. Climate Change Adaptation through Agroforestry: The Case of Kassena Nankana West District, Ghana. *Environmental Development*. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.09.002>
- Brink, A. B., and H. D. Eva. 2009. Monitoring 25 years of land cover

- change dynamics in Afrika: a sample based remote sensing approach. *Applied Geography*. 29 ; 501-512.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., dan Hendrix, P.F. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology (2nd edition)*. Elsevier Academic Press. San Diego, California. 386 hlm.
- Dindal, D.L. 1990. *Soil Biology Guide (1st edition)*. John Wiley and Sons. New York. 1376 hlm.
- Dominguez, A., Bedano, J. C., Becker, A. R., dan Arolfo, R. V. 2013. Organic farming fosters agroecosystem functioning in argentinian temperate soils: evidence from litter decomposition and soil fauna. *Journal of Soil Ecology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.008>.
- Erniyani, K., Wahyuni, S., dan Pu'u, Y.M.S.W. 2010. Struktur komunitas mesofauna tanah perombak bahan organik pada vegetasi kopi dan kakao. *Jurnal Agrica*. 03(01) : 1-8.
- Frouz, J. 2017. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. *Geoderma*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.039>
- George, P. B.L., A. M. Keith, S. Creer., G. L. Barrett, I. Lebron, B. A. Emmett, D. A. Robinson dan D. L. Jones. 2017. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring program. *Soil Biology dan Biochemistry*. 115 ; 537-546.
- Gonzalez, G. dan T. R. Seastedt. 2001. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Journal of Ecology*. 82 (04) ; 955-964.
- Groffman, P. M., T. J. Fahey, M. C. Fisk, J. B. Yavitt, R. E. Sherman, P. J. Bohlen, dan J. C. Maerz. 2015. Earthworms increase soil microbial biomass carrying capacity and nitrogen retention in northern hardwood forests. *Soil Biology and Biochemistry*. 87 ; 51-58.
- Guru, B.C. dan B. Das. 1988. Species diversity and population size of collembola in some cultivated fields. *10th International Soil Zoology Colloquium*. 911 pg.
- Guru, B.C. dan Panda, S. 1988. The role of *Cryptopygus Thermophilus* (collembola) in Regulating C/N ratio. *10th International Soil Zoology Colloquium*. 911 pg.
- Hilman, I dan Handayani, E.P. 2013. Keanekaragaman mesofauna dan makrofauna tanah pada areal bekas tambang timah di Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka-Belitung. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 04(01) : 35-41.
- Haggar, J., D. Pons, L. Saenz, dan M. Vides. 2019. Contribution of agroforestry systems to sustaining biodiversity in fragmented forest landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 283 ; 106-567.
- Jiang, Y., X. Yin dan F. Wang. 2014. Impact of soil mesofauna on the decomposition of two main species litters in a pinus koraiensis mixed broad-leaved forest of the Changbai Mountains. *Acta Ecologica Sinica*. 34 ; 110-115.
- Key, C. Rega, G. Moreno, M. D. Herder, J. H.N. Palma, R. Borek, J. Crous-Duran, D. Freese, M. Giannitsopoulos, M. Jäger, N. Lamersdorf, D. Memedemin, A. Graves, R. Mosquera-Losada, A. Pantera, M. L. Paracchini, P. Paris, J. V. Rocas-Díaz, A. Rosati, M. Sandor, J. Smith, E.

- Szerencsits, A. Varga, R. Wawer, P. J. Burgess, F. Herzog. 2019. Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*. 83 ; 581-593.
- Li, X., X. Yin, Z. Wang, dan W. Fan. 2015. Litter mass loss and nutrient release influence by soil fauna of *batula ermanii* forest floor of the Changbai Mountains, China. *Applied Soil Ecology*. 95 ; 15-22.
- Li Y., T. M. Bazemer, J. Yang, X. Lu, X. Li, W. Liang, X. Han, dan Q. Li. 2019. Changes in litter quality induced by n deposition alter soil microbial communities. *Soil Biology dan Biochemistry*. 130 ; 33-42.
- Mahendra, F., A. Niswati, and M. Riniarti. 2017. Abundance and diversity of mesofauna litter and soil due to changes in forest land cover at resort pemerihan of Bukit Barisan Selatan National Park. *EnviroScienteeae*. 13 (2) ; 128-138.
- Meehan, M. L., Z. Song, L. M. Lumley, T. P. Cobb, dan H. Proctor. 2019. Soil mites as bioindicators of disturbance in the boreal forest in northern alberta, Canada: testing taxonomic sufficiency at multiple taxonomic levels. *Ecological Indicator*. 102 ; 349-3365.
- Martire, S., V. Castellani dan S. Sala. 2015. Carrying capacity assessment of forest resources: Enhancing environmental sustainability in energy production at local scale. *Resources, Conservation and Recycling*. 94 ; 11-20.
- Monde, A. 2009. Degradasi stok karbon (C) akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan kakao di DAS Nopu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Agroland*. 16(01) : 110-117.
- Odum, E.P. 1983. *Basic Ecology*. Buku Saunders College Publishing. Philadelphia. 513 pg.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.83/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 tentang Perhutanan Sosial.
- Recanati, F, A. Arrigoni, G. Scaccabarozi, D. Marveggio, P. Melia dan G. Dotelli. 2018. LCA Towards sustainable agriculture: the case study of cupuaçu jam from agroforestry. *Prosedia CIRP*. 69 ; 557-561.
- Santos, P. Z. F., R. Crouzeilles dan J. B. B. Sansevero. 2019. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*. 433 ; 140-145.
- Sarkar, S. 1988. Studies on microarthropod community in one undisturbed habitat of tripura with special reference to oribatid mites. 10th International Soil Zoology Colloquium. 925 pg.
- Sterzynska, M. dan J. Sklodowski. 2018. Divergence of soil microarthropod (hexapoda: collembola) recovery patters during natural regeneration and regeneration by planting of Windthrown Pine Forest. *Jurnal Forest Ecology and Management*. 429 ; 414-424.
- Undang-undang. Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Hayati dan Ekosistemnya
- Wang, Z., X. Yin, dan X. Li. 2015. Soil mesofauna effects on litter decomposition in the Coniferous Forest of the Changbai Mountains,

China. *Applied Soil Ecology*. 92 ; 64-71.

Wu, P., M. Lu, X. Lu, Q. Guan, dan X. He. 2015. Interactions between earthworms and mesofauna has no significant effect on emissions CO₂ N₂O from soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 88 ; 294-297.

Zhang, X., G. Gao, Z. Wu, X. Wen, Z. Zhong, F. Bian, dan X. Gai. 2019. Agroforestry alters the rhizosphere soil bacterial and fungal communities of moso bamboo plantations in subtropical China. *Applied Soil Ecology*. 143 ; 192-200.

Zhu, X., L. Chang, J. Li, J. Liu, L. Feng, and D. Wu. 2017. Interaction between earthworms and mesofauna effect co₂ and n₂o emissions from soil under long-term conservation tillage. *Geoderma*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.007>