

## DAMPAK PENCEMARAN MERKURI TERHADAP KEANEKARAGAMAN SEMUT (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) PADA AREAL TAMBANG EMAS POBOYA SULAWESI TENGAH

Hasriyanty<sup>\*1</sup>, Alam Anshary<sup>1</sup>, Shahabuddin Saleh<sup>1</sup>, Moh. Yunus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako

<sup>\*</sup>Email Korespondensi : [Hasriyanty.amran@gmail.com](mailto:Hasriyanty.amran@gmail.com)

### ABSTRAK

Aktivitas pertambangan emas yang menggunakan merkuri dalam proses amalgasi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran ini menyebabkan berkurangnya keanekaragaman hayati termasuk keanekaragaman semut yang diketahui mempunyai peran yang penting dalam ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman semut pada berbagai kadar cemaran merkuri pada daerah tambang emas Poboaya Palu. Semut dikoleksi menggunakan perangkap jebak. Terdapat 24 spesies semut yang berhasil ditemukan pada semua lokasi. Keanekaragaman semut cenderung menurun dengan meningkatnya kadar cemaran merkuri pada tanah. Spesies *Solenopsis geminata* dan *Paratrechina longicornis* merupakan dua spesies semut yang ditemukan pada semua lokasi pengambilan sampel dan hal ini menunjukkan kedua spesies semut ini resisten terhadap peningkatan kadar merkuri tanah.

**Kata kunci:** Keanekaragaman semut, pencemaran merkuri, tambang emas

### PENDAHULUAN

Tambang emas Poboaya merupakan salah satu tambang emas skala kecil yang selama ini dikelola rakyat. Aktivitas penambangannya menggunakan teknologi tromol dan menggunakan merkuri dalam proses amalgasi membawa dampak negatif karena sebagian merkuri terlepas dan mencemari lingkungan (Phiri, 2011) dan berdampak langsung bagi kesehatan manusia (Ogola, *et al.* 2002; Basir-Cyio *et al.*, 2017). Hasil kajian menunjukkan bahwa tanah di lokasi tambang emas Poboaya telah tercemar merkuri jauh melebihi batas ambang normal yakni berkisar 0,057 ppm sampai dengan 8,19 ppm, bahkan dalam tailing berkisar 84,15 ppm – 575, 16 ppm dari batas ambang 0,005 ppm (Mirdat, dkk., 2013, Sari *et al.* 2016)

Merkuri dikenal sebagai pencemar paling berbahaya diantara berbagai macam logam berat, karena sifatnya yang tidak dapat terdegradasi sehingga berbahaya bagi kehidupan manusia dan lingkungan (Robles *et al.*, 2014; Putranto, 2011). Pada lingkungan tanah, cemaran ini akan menyebabkan penurunan secara drastis manfaat dan peran biologi fauna tanah karena telah terjadi perubahan suhu dan sifat fisik dan kimia tanah (Savopoulou-Soultani, *et al.*, 2012; Nahmani, 2002) serta dapat mempengaruhi berbagai jenis dan komposisi fauna tanah dan akhirnya akan mempengaruhi keanekaragaman hayati biota tanah secara keseluruhan termasuk semut (IIED, 2002; Ribas, 2012).

Semut merupakan kelompok serangga yang ditemukan melimpah pada lingkungan tanah dan lingkungan terrestrial lainnya (Subedi, 2016) sehingga perubahan habitat dapat mempengaruhi keberadaan semut, sehingga seringkali dijadikan sebagai indikator gangguan pada suatu habitat (Underwood and Fisher, 2006; Anderen 2004) termasuk sebagai indikator pada lingkungan tambang yang tercemar merkuri (Ribas *et al.*, 2004).

Gangguan akan keberadaan semut akan mempengaruhi keseimbangan ekosistem (Folgarait, 1998), karena semut diketahui mempunyai banyak peran ekologis dalam ekosistem, diantaranya memperbaiki aerasi tanah, berperan dalam siklus nutrisi, penyebaran benih, bahkan membantu penyebaran bahan organik, disamping fungsinya sebagai mangsa bagi organisme lain ataupun sebagai predator yang mengendalikan populasi suatu jenis hama (Subedi, 2016).

Demikian besar peran semut dalam ekosistem tanah, namun kajian mengenai hubungan antar pencemaran merkuri pada areal tambang emas dengan keanekaragaman dan kelimpahan semut belum banyak dikaji, hanya organisme lain seperti cacing dan bakteri yang sering menjadi fokus penelitian Hobbelen *et al.* (2006) dan Fashola *et al.* (2014). Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilaksanakan dengan tujuan untuk mempelajari dampak pencemaran merkuri terhadap keanekaragaman semut pada daerah tambang emas Poboya.

## METODE

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah ruas jalan dari arah Palu menuju Poboya. Penentuan lokasi ini didasarkan dari data hasil penelitian Sari *et al.* (2016). Lokasi penelitian dibagi menjadi 5 titik pengambilan sampel. Lokasi pertama adalah areal dengan jarak 0 km dari pusat tambang emas (lokasi tromol aktif; tingkat pencemaran berkategori: sangat tercemar); lokasi kedua jarak 1 km (tercemar), ketiga: 2 km (sedikit tercemar), lokasi keempat berjarak 4 km dan lokasi keempat: 5 km (aman). Pada setiap lokasi akan ditentukan 5 plot pengambilan sampel, sehingga dari keseluruhan lokasi akan terdapat 20 plot.

### Pengambilan Contoh Semut

Pengambilan sampel semut pada masing masing plot penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkap jebak (*pitfall trap*). Perangkap ini dibuat dari gelas plastik yang dipasang secara acak pada masing-masing lokasi yang disesuaikan dengan kondisi lahan penelitian. *Pitfall trap* berupa wadah gelas plastik yang diisi alkohol 70% setinggi 1/3 gelas dan ditambahkan larutan detergen secukupnya, selanjutnya ditanam ke dalam tanah dengan permukaan rata dengan tanah. *Pitfall trap* dipasang selama 1 x 24 jam. Di atas gelas dipasang atap berupa seng untuk melindungi gelas dari hujan. Setelah 24 jam semut yang diperoleh diambil dan dimasukkan ke dalam *micro tube* yang berisi alkohol 70%, untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi.

### Identifikasi Semut

Keseluruhan semut yang diperoleh dari sampling akan diidentifikasi sampai tingkatan genus dengan mengacu pada buku identifikasi "*Identification Guide to The Ant Genera of Borneo*" (Hashimoto, 2015). Selanjutnya spesimen diidentifikasi hingga tingkat morfospesies. Tingkatan morfospesies, yaitu pendekatan identifikasi semut hingga tingkat spesies berdasarkan perbedaan karakter dari tiap genus yang ditemukan (Lattke, 2014).

### Analisis Data

1. Kekayaan spesies, jumlah individu yang terdapat pada masing masing lokasi pengambilan sampel dihitung dengan analisis sederhana menggunakan program EXEL.
2. Keanekaragaman semut, dominansi dan pemerataan yang diperoleh akan diukur menggunakan Indeks Shannon dan Wiener serta indeks Simpson (Magurran, 2004; Colwell, 1988; Krebs, 1999), menggunakan perangkat lunak PAST.
3. Analisis kadar merkuri tanah dilakukan di laboratorium PT. Global Quality Analytical, sedangkan analisis kadar nitrogen dan C-Organik dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelompok semut yang berhasil ditemukan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, ditemukan 24 spesies semut yang termasuk dalam 6 sub family dengan total 9.122 individu. Dari keseluruhan spesies yang berhasil dikoleksi, terdapat dua spesies semut yang ditemukan melimpah di semua lokasi penelitian yakni *Paratrechina longicornis* dan *Solenopsis*

*geminata*. Mcglynn (1999) menyatakan bahwa kedua spesies semut ini dikenal sebagai semut *tramp* dan mempunyai daya adaptasi tinggi pada berbagai kondisi lingkungan yang terganggu. Jika dibandingkan dengan penelitian lain yang dilakukan di wilayah Palu, maka hasil ini relatif lebih rendah. Penelitian Hasriyanty *et al.* (2015) berhasil menemukan 38 spesies semut pada berbagai habitat di kota Palu, sementara Rizali, (2012) melaporkan terdapat 87 spesies semut pada pertanaman kakao di daerah Palolo, bahkan Wielgoss, *et. al.* (2010) menemukan 160 spesies semut, sementara Bos *et al.* (2007) menemukan 44 spesies.

Berdasarkan Tabel 1 juga dapat dinyatakan bahwa kadar merkuri tanah mempengaruhi keberadaan semut. Hal ini dapat dilihat bahwa pada areal tambang (0 km) hanya ditemukan 4 spesies saja, sementara pada areal yang jauh dari pusat tambang dengan kadar merkuri tanah yang lebih rendah, kekayaan jenis semut cenderung lebih tinggi.

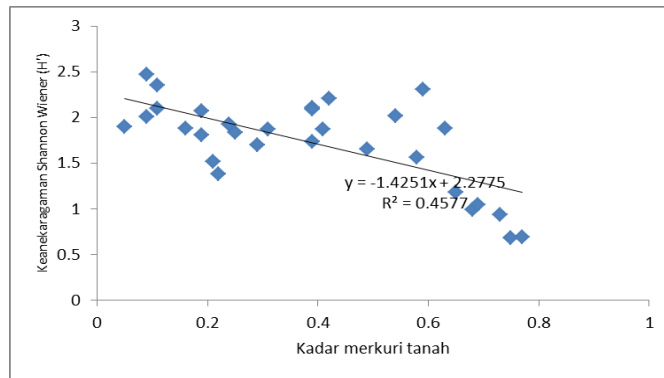
Tabel 1. Spesies dan jumlah individu setiap jenis semut berdasarkan jarak dari lokasi pengolahan emas

Family/ Sub Family	Genus/Spesies/ Morfoespecies	Jarak						Total
		0 Km	1 Km	2 Km	3 Km	4 Km	5 Km	
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp1.	0	13	0	0	0	55	68
	<i>Camponotus</i> sp2.	0	3	2	4	3	0	12
	<i>Oeophylla smaragdina</i>	0	0	89	32	15	37	173
	<i>Parathrecina longicornis</i>	382	302	362	322	286	683	2.337
Ponerinae	<i>Diacamma rugosum</i>	0	8	36	20	9	90	163
	<i>Odontomachus</i> sp.	0	17	29	4	0	0	50
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus thoracicus</i>	0	16	0	12	8	12	48
	<i>Iridomyrmex</i> sp1.	0	22	0	0	0	88	110
	<i>Iridomyrmex</i> sp2.	0	11	25	5	11	54	106
	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	11	0	12	5	410	186	624
	<i>Tapinoma</i> sp.	0	45	11	88	473	0	617
	<i>Technomyrmex</i> sp.	0	0	21	0	13	24	58
Myrmicinae	<i>Monomorium floricola</i>	30	86	143	50	29	190	528
	<i>Monomorium</i> sp1.	0	25	8	0	0	0	33
	<i>Monomorium</i> sp2.	0	0	37	0	0	153	190
	<i>Oligomyrmex</i> sp.	0	0	22	0	0	5	27
	<i>Pheidole</i> sp1.	0	15	25	0	43	33	116
	<i>Pheidole</i> sp2.	0	0	0	0	9	53	62
	<i>Solenopsis geminata</i>	294	396	253	194	335	1.052	2.524
Aenictinae	<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	116	223	382	398	276	1.395
	<i>Tetramorium</i> sp.	0	0	15	0	0	61	76
	<i>Aenictus</i> sp.	0	0	0	135	105	153	393
Cerapachyinae	<i>Cerapachys</i> sp.	0	0	0	110	111	128	349

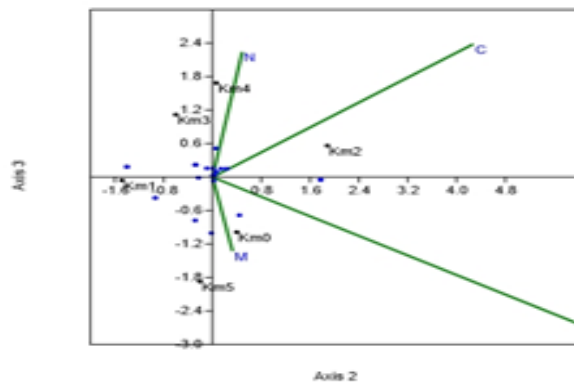
Pada jarak 5 Km ditemukan 19 spesies semut. Pengaruh kadar merkuri tanah pada keanekaragaman semut seperti terlihat pada Gambar 1.

Berkurangnya keanekaragaman semut pada daerah tambang yang memiliki kadar merkuri tinggi pada tanah karena merkuri merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun bagi organisme termasuk semut. Oleh karena itu cemaran merkuri pada tanah dapat mempengaruhi keragaman dan kelimpahan suatu jenis Arthropoda tanah termasuk semut (Buch *et al.*, 2016; Migliorini, *et al.*, 2004). Cemaran merkuri pada tanah akan mempengaruhi faktor fisika-kimia tanah (Savopoulou-Soultani, 2012) yang secara langsung akan berpengaruh terhadap keberadaan semut.

Meski demikian, terdapat beberapa faktor lain yang turut serta berpengaruh terhadap kehadiran dan populasi suatu jenis semut di lapangan yakni, vegetasi, kadar oksigen dan karbon tanah.



Gambar 1. Regresi linier yang menunjukkan hubungan antara kadar merkuri tanah dan keanekearagaman semut berdasarkan indeks Shannon Wiener



Gambar 2. Diagram Analisis *Canonical Correspondence* (CCA) yang menggambarkan pengaruh berbagai faktor lingkungan fisik dan kimia terhadap keanekearagaman semut

Berdasarkan hasil analisis, kadar merkuri tanah dan sifat kimia lainnya pada titik pengambilan sampel dengan perbandingan hasil penelitian sebelumnya terdapat kecenderungan yang sama bahwa semakin jauh jarak dari pusat tambang maka kandungan merkuri tanah juga semakin rendah seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil analisis kadar merkuri, kadar nitrogen dan oksigen terlarut dalam tanah serta jumlah vegetasi

Parameter	Jarak titik pengambilan sampel Arthropoda (Km)					
	0	1	2	3	4	5
Kadar Merkuri	0,72	0,58	0,42	0,26	0,22	0,10
	17,62*	0,14*	0,85*	0,8*	0,34*	0,07*
Kadar Nitrogen	0,082	0,162	0,204	0,202	0,176	0,212
Kadar Oksigen	0,94	1,44	2,616	2,01	2,03	2,32
Vegetasi	13	8	13	5	5	6

Keterangan: \* = Sari *et. al.*, 2016.

Hasil analisis CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) menunjukkan bahwa faktor merkuri, vegetasi kadar karbon dan nitrogen bersama dengan faktor cemaran merkuri pada tanah menjadi faktor yang juga menentukan keanekaragaman dan kelimpahan semut pada lokasi penelitian. Vegetasi mempengaruhi kelimpahan semut, karena vegetasi berkorelasi positif dengan tingginya biomasa tanaman yang akan mempengaruhi kandungan nutrisi dalam tanah (Hooper *et al.* 2000)

Tabel 2. Kekayaan jenis, jumlah individu, dominansi, pemerataan serta keanekaragaman arthropoda pada berbagai jarak dari pusat tambang emas Poboya

Parameter	Jarak (Km)					
	0	1	2	3	4	5
Kekayaan jenis	3	8	10	8	10	13
Jumlah individu	732	1.173	1.562	1.414	2.367	3.407
Indeks dominansi	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1
Indeks pemerataan	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6
Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener	0.7	1.66	2.00	1.75	1.97	2.11
Indeks keanekaragaman Simpson	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa keanekaragaman semut semakin tinggi pada konsentrasi merkuri tanah yang semakin rendah atau dengan jarak yang semakin jauh dari pusat tambang menunjukkan bahwa pada konsentrasi merkuri tanah yang lebih rendah, diasumsikan bahwa tidak ada efek yang merugikan terhadap organisme hidup lain. Hasil analisis tanah, pada lokasi pengambilan sampel, kadar merkuri tanah berkisar 0,05 – 0,77. Melebihi batas ambang 0,01 mg/kg tanah. Meski demikian, organisme tanah juga dipengaruhi oleh faktor lainnya. Misalnya kadar organik tanah dan biomassa (Patapov, 2017). Hasil analisis CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) menunjukkan bahwa faktor merkuri dan vegetasi sangat mempengaruhi kelimpahan jenis semut pada lokasi penelitian. Vegetasi mempengaruhi kelimpahan semut. Menurut Hooper (2000), kelimpahan fauna tanah berkorelasi positif dengan tingginya biomasa tanaman yang akan mempengaruhi kandungan nutrisi dalam tanah (Nahmani, 2002). Wardle (1999) menyatakan bahwa kelimpahan arthropoda termasuk semut tergantung kepada luas tutupan lahan, dikarenakan sebagian besar semut sangat tergantung pada ketersediaan tanaman.

## SIMPULAN

1. Ditemukan 24 spesies semut yang termasuk dalam 6 sub family dengan total 9.122 individu.
2. Kadar cemaran merkuri dalam tanah mempengaruhi keanekaragaman semut. Semakin tinggi kadar merkuri pada tanah maka keanekaragaman semut akan semakin rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, A. N. (1997). Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology, *1*(1), 1–17.
- Basir-Cyio, M., Mahfudz, Inoue, T., Anshary, A., Kawakami, T., Rahman, N., ... Bohari. (2017). Impact of the traditional gold mine management on public health and agricultural land: A study of traditional gold mining in Poboya, Sausu and Dongi-Dongi village, central Sulawesi, Indonesia. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *15*(3–4), 115–122.
- Bos, M. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschirntke, T. (2007). The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, *16*(8), 2429–2444. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9196-0>

- Buch, A. C., Niemeyer, J. C., Fernandes Correia, M. E., & Silva-Filho, E. V. (2016). Ecotoxicity of mercury to *Folsomia candida* and *Proisotoma minuta* (Collembola: Isotomidae) in tropical soils: Baseline for ecological risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 127, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.01.009>
- Colwell, R. K. (1988). Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement. *Communities and Ecosystems*, 257–264. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2012.02436.x>
- Fashola, M. O., Ngole-jeme, V. M., & Babalola, O. O. (2016). Heavy Metal Pollution from Gold Mines : Environmental Effects and Bacterial Strategies for Resistance. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111047>
- Folgarait, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning : a review, 1244.
- Hashimoto, Y. (2015). Identification guide to ant genera of Borneo, (August).
- Hasriyanty, Rizali, A., & Buchori, D. (2015). Keanekaragaman semut dan pola keberadaannya pada daerah urban di Palu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 12(1), 39–47. <https://doi.org/10.5994/jei>.
- Hobbelen, P. H. F., Koolhaas, J. E., & Van Gestel, C. A. M. (2006). Effects of heavy metals on the litter consumption by the earthworm *Lumbricus rubellus* in field soils. *Pedobiologia*, 50(1), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.10.004>
- Hooper, D. U., Bignell, D. E., Brown, V. K., Brussard, L., Mark Dangerfield, J., Wall, D. H., ... Wolters, V. (2000). Interactions between Aboveground and Belowground Biodiversity in Terrestrial Ecosystems: Patterns, Mechanisms, and Feedbacks. *BioScience*, 50(12), 1049. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[1049:IBAABB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[1049:IBAABB]2.0.CO;2)
- IIED. (2002). Appendix 2 : Environmental and Social Impacts of Mining. *Global Biodiversity*. Retrieved from [http://pdf.wri.org/mining\\_background\\_literature\\_review.pdf](http://pdf.wri.org/mining_background_literature_review.pdf)
- Krebs, C. J. (1999). Ecological Methodology. *The Benjamin/Cummings Series in the Life Sciences*, 650. <https://doi.org/10.1007/s007690000247>
- Lattke, J. (2014). Specimen processing : building and curating an ant collection, (January 2000).
- Magurran, A. E. (2004). Magurran 2004 c2-4.pdf. Retrieved from <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0632056339.html>
- Mcglynn, T. (2018). The worldwide transfer of ants : Geographical distribution and ecological invasions, (May 1999). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00310.x>
- Migliorini, M., Pigino, G., Bianchi, N., Bernini, F., & Leonzio, C. (2004). The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range. *Environmental Pollution*, 129(2), 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.09.025>
- Mirdat, Patadungan, Y. S., & Isrun. (2013). STATUS LOGAM BERAT MERKURI ( Hg ) DALAM TANAH PADA KAWASAN PENGOLAHAN TAMBANG EMAS DI KELURAHAN The Level Of Heavy Metal Of Mercury ( Hg ) In Soil Of Agricultural Area Around. *E-Journal Agrotekbis*, 1(2), 127–134.
- Nahmani, J., & Lavelle, P. (2002). Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France. *European Journal of Soil Biology*, 38(3–4), 297–300. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)01169-X](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)01169-X)
- Ogola, J. S., Mitullah, W. V., & Omulo, M. A. (2002). Impact of gold mining on the environment and human health: A case study in the Migori Gold Belt, Kenya. *Environmental Geochemistry and Health*, 24(2), 141–158. <https://doi.org/10.1023/A:1014207832471>
- Ph, I., Sciences, A., & Sciences, A. (2012). Ant community structure and biological control in Indonesian cacao agroforestry : long-term changes , land-use management and precipitation gradients, (December).
- Phiri, S. (2011). Impact of artisanal small scale gold mining in Umzingwane district (Zimbabwe): A potential for ecological disaster. *Unpublished Master's Thesis to the University of the ...*, 87. Retrieved from [http://natagri.ufs.ac.za/dl/userfiles/Documents/00002/2302\\_eng.pdf](http://natagri.ufs.ac.za/dl/userfiles/Documents/00002/2302_eng.pdf)
- Potapov, A. M., Goncharov, A. A., Semenina, E. E., Korotkevich, A. Y., Tsurikov, S. M., Rozanova, O. L., ... Tiunov, A. V. (2017). Arthropods in the subsoil: Abundance and vertical distribution as related to soil organic matter, microbial biomass and plant roots.

- European Journal of Soil Biology*, 82, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.09.001>
- Putranto, T. T. (2011). Pencemaran logam berat merkuri (Hg) pada air tanah. *Teknik*, 32(1), 62–71. Retrieved from <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/1690>
- Ribas, C. R., Campos, R. B. F., Schmidt, F. A., & Solar, R. R. C. (2012). Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in Environmental Monitoring Programs, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/636749>
- Ribas, C. R., Schmidt, F. A., Solar, R. R. C., & Campos, R. B. F. (2004). Ants as Indicators of the Success of Rehabilitation Efforts in Deposits of Gold Mining Tailings, (McGeoch 1998), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00831.x>
- Rizali, A. (2012). Ant community structure and biological control in Indonesian cacao agroforestry: long-term changes, land-use management and precipitation gradients, (December).
- Robles, I., Lakatos, J., Scharek, P., Planck, Z., Hernández, G., Solís, S., & Bustos, E. (2014). Characterization and Remediation of Soils and Sediments Polluted with Mercury: Occurrence, Transformations, Environmental Considerations and San Joaquin's Sierra Gorda Case. *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*, 827–850. <https://doi.org/10.5772/57284>
- Sari, M. M., Inoue, T., Matsumoto, Y., Yokota, K., & Isrun, I. (2016). Assessing a Mercury Affected Area from Small-scale Gold Mining in Poboya, Central Sulawesi, Indonesia. *Environment and Ecology Research*, 4(4), 223–230. <https://doi.org/10.13189/eer.2016.040406>
- Savopoulou-Soultani, M., Papadopoulou, N. T., Milonas, P., & Moyal, P. (2012). Abiotic factors and insect abundance. *Psyche (New York)*, 2012, 2012–2014. <https://doi.org/10.1155/2012/167420>
- Subedi, I. P. (2016). Ants – Ecosystem Engineers, (February), 8–10.
- Underwood, E. C., & Fisher, B. L. (2006). The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how, 2. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.022>
- Wardle, D. a, Bonner, K. I., Barker, G. M., Yeates, G. W., Nicholson, K. S., Bardgett, R. D., ... Nov, N. (1999). Plant Removals in Perennial Grassland: Vegetation Dynamics, Decomposers, Soil Biodiversity, and Ecosystem Properties PLANT REMOVALS IN PERENNIAL GRASSLAND: VEGETATION DYNAMICS, DECOMPOSERS, SOIL BIODIVERSITY, AND ECOSYSTEM PROPERTIES, 69(4), 535–568. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069\[0535:PRIPGV\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0535:PRIPGV]2.0.CO;2)
- Wielgoss, A., Tschardtke, T., Buchori, D., Fiala, B., & Clough, Y. (2010a). Agriculture, Ecosystems and Environment Temperature and a dominant dolichoderine ant species affect ant diversity in Indonesian cacao plantations, 135, 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.10.003>
- Wielgoss, A., Tschardtke, T., Buchori, D., Fiala, B., & Clough, Y. (2010b). Temperature and a dominant dolichoderine ant species affect ant diversity in Indonesian cacao plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135(4), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.10.003>