PROSIDING SEMINAR NASIONAL LINGKUNGAN LAHAN BASAH
"Meningkatkan Peran Teknologi dan Kecerdasan Buatan dalam Implementasi Ekonomi Sirkuler untuk Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan"
Volume 11 No. 1 – Juni 2026

DETEKSI MIKROPLASTIK PADA SARANG LEBAH KELULUT (*Heterotrigona Itama*) MENGGUNAKAN INTEGRASI KONSEP EKOTOKSIKOLOGI DAN ETNOBIOLOGI

Anang Kadarsah[a], Heri Budi Santoso[b], Sasi Gendro Sari[c]

[a-c]Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru 70714

Email korespondensi:anangkadarsah@ulm.ac.id

ABSTRAK

Kontaminasi mikroplastik pada produk lebah tanpa sengat atau kelulut menjadi ancaman serius bagi keamanan pangan dan keberlanjutan ekosistem. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kontaminasi mikroplastik pada sarang lebah kelulut (Heterotrigona itama) dengan pendekatan integrasi ekotoksikologi dan etnobiologi di Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Tiga lokasi penelitiqn terpilih yakni : 1) Cempaka Madu Kelulut di wilayah pemukiman baru, 2) Kelulut Kalimantan di wilayah kampung tradisional Cempaka. dan Kelulut Asy Syifa di Kampung Transmigran Desa Beruntung Jaya. Sampel madu, polen, dan propolis dianalisis menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 4 – 100 kali untuk identifikasi dan kuantifikasi mikroplastik. Data etnobiologi dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur menggunakan skala Likert untuk mengukur tingkat pengetahuan dan praktik peternak. Hasil menunjukkan kontaminasi mikroplastik tertinggi pada Kampung Transmigran (108 partikel/100ml), diikuti Pemukiman Baru (55 partikel/100ml) dan Kampung Tradisional (51 partikel/100ml). Propolis memiliki kontaminasi tertinggi (rata-rata 39,3 partikel/100ml) dibandingkan madu (21,7 partikel/100ml) dan polen (10,3 partikel/100ml). Bentuk fiber mendominasi kontaminasi (33,3-66,7%) dengan ukuran partikel 254,7-408 µm. Analisis etnobiologi mengungkap paradoks dimana pengetahuan tradisional tinggi (skor 4,6) tidak berkorelasi dengan rendahnya kontaminasi, menunjukkan mikroplastik sebagai fenomena baru dalam sistem pengetahuan lokal. Penelitian ini merekomendasikan integrasi pengetahuan tradisional dengan teknologi modern untuk mengembangkan strategi mitigasi kontaminasi yang berkelanjutan.

Kata kunci: mikroplastik, lebah kelulut, ekotoksikologi, etnobiologi.

PENDAHULUAN

Kontaminasi mikroplastik telah menjadi isu lingkungan global yang mengancam keberlanjutan jasa dan layanan ekosistem dan juga keamanan pangan bagi kionsumsi manusia (Kadarsah et al., 2024). Partikel plastik yang berukuran < 5 mm ini dapat masuk ke dalam rantai dan jaring makanan melalui berbagai jalur, termasuk melalui aktivitas lebah ketika melakukan aktivitas penyerbukan (Nevio, 2022). Lebah selain berinteraksi dengan lingkungan untuk pencarian makanan juga berisiko membawa polutan (Edo et al., 2021). Keberadaan mikroplastik yang menempel pada tubuh lebah madu membuka jalur penelitian baru sebagai biosampler aktif pencemaran antropogenik (Basaran et al., 2024).

Heterotrigona itama merupakan salah satu spesies lebah kelulut yang paling umum dibudidayakan di Asia Tenggara dan dikenal sebagai polinator penting bagi tanaman ekonomi dan tumbuhan asli, serta penghasil madu bernilai tinggi (Wongsa et al., 2024). Kelulut *itama* dikenal

memiliki gigi mandibula lebih rendah dan panjang sayap depan <6 mm (Engel et al., 2023). Jenis ini tersebar luas di daerah tropis dan sub-tropis, seperti Asia Tenggara, Afrika, dan Amerika Selatan (Toledo-Hernández et al., 2022). Sarang lebah kelulut berperan penting dalam menunjukkan tingkat pencemaran lingkungan, terutama terkait mikroplastik (Basri et al., 2024).

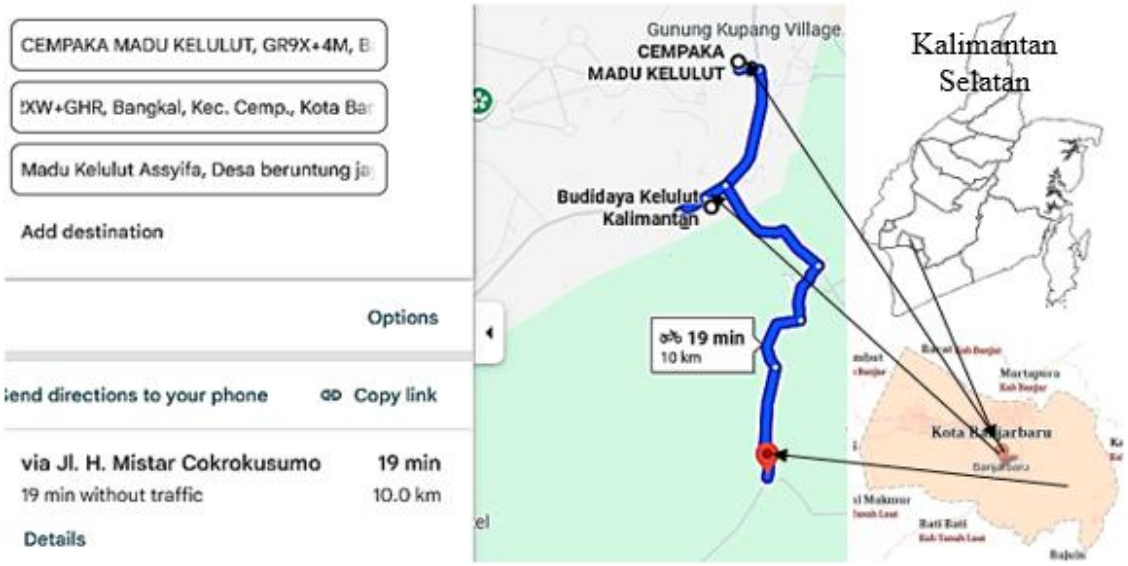
Lebah dapat terkontaminasi mikroplatik selama penerbangan, saat mengambil bunga, sarang lainnya, atau dari pakaian peternak lebah serta kontaminasi tanah (Schiano et al., 2024). Kehadirannya memberikan informasi tentang kegagalan ekosistem dalam mengelola limbah manusia (Basri et al., 2024). Penelitian kontaminasi mikroplastik dengan pendekatan konvensional umumnya fokus hanya pada aspek analitik dan toksikologis tanpa mempertimbangkan dimensi sosio-kultural masyarakat lokal (Samadi et al., 2022). Integrasi konsep ekotoksikologi dengan etnobiologi memberikan perspektif holistik yang menggabungkan analisis ilmiah modern dengan pengetahuan tradisional dalam memahami dan mengatasi masalah kontaminasi lingkungan (Blanco et al., 2020).

Kalimantan Selatan, khususnya wilayah Banjarbaru, saat ini terus berkembang menjadi ibukota provinsi namun tetap memiliki tradisi meliponikultur (budidaya lebah kelulut) yang telah mengakar dalam berbagai setting sosial-geografis, mulai dari kampung tradisional hingga pemukiman modern. Perbedaan karakteristik lingkungan dan praktik budidaya di berbagai lokasi meliponikultur akan berperan penting memberikan kesempatan unik untuk menganalisis pola kontaminasi mikroplastik dan korelasinya dengan pengetahuan tradisional peternak lebah. Penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi kontaminasi mikroplastik pada produk sarang lebah kelulut (*Heterotrigona itama*) dan mengidentifikasi peran pengetahuan etnobiologi dalam mitigasi kontaminasi mikroplastik dalam keamanan konsumsi madu lebah kelulut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan pada bulan Juni-September 2025. Dipilih tiga lokasi meliponikultur (budidaya lebah kelulut) yang ada di Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Ketiga lokasi tersebut dipilih berdasarkan aspek-aspek etnobiologi dan ekotoksikologi yakni : 1) Cempaka Madu Kelulut (Pemukiman Baru), 2) Kelulut Kalimantan (Kampung Tradisional Cempaka), dan 3) Kelulut Asy Syifa (Kampung Transmigran Desa Beruntung Jaya). Analisis jenis, kelimpahan dan jumlah mikroplastik termasuk analisis ekotoksikologi dan etnobiologi dilakukan di Laboratorium Anatomi dan Fisiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi mikroskop stereo dengan perbesaran 4-100 kali, cawan petri, pipet mikro, saringan mesh 5 µm, timbangan analitik, kamera digital, dan perangkat lunak Image J untuk analisis morfometrik. Bahan penelitian terdiri dari sampel madu, polen, dan propolis dari masing-masing lokasi, larutan KOH 10%, akuades, dan kertas saring Whatman No. 42.

Pengambilan dan Preparasi Sampel

Sampel madu, polen, dan propolis diambil dari 5 koloni berbeda di setiap lokasi menggunakan teknik sampling acak sistematis. Sebanyak 100 ml sampel madu diambil langsung dari pot madu menggunakan pipet steril. Polen dikoleksi dari bee bread dalam sarang, sedangkan propolis diambil dari bagian dinding sarang. Sampel disimpan dalam wadah kaca steril pada suhu 4°C hingga analisis.

Ekstraksi dan Identifikasi Mikroplastik

Sampel madu sebanyak 100 ml dicampur dengan larutan KOH 10% (perbandingan 1:1) dan diaduk selama 24 jam pada suhu ruang untuk menghancurkan material organik. Suspensi disaring menggunakan saringan mesh 5 µm untuk memisahkan partikel mikroplastik. Residu pada saringan dicuci dengan akuades dan dipindahkan ke cawan petri untuk observasi mikroskopis. Identifikasi morfologi mikroplastik dilakukan berdasarkan karakteristik fisik: fiber (berbentuk memanjang), fragmen (berbentuk tidak beraturan), filamen (seperti benang), dan foam (berbentuk busa). Pengukuran diameter partikel dilakukan menggunakan software Image J.

Pengumpulan Data Etnobiologi

Data etnobiologi dikumpulkan melalui wawancara terstruktur dengan peternak lebah menggunakan kuesioner skala Likert (1-5). Variabel yang dievaluasi meliputi: pengetahuan tentang jenis lebah, sumber pakan, dampak pencemaran lingkungan, manajemen sarang, pengendalian hama-

penyakit, prosedur pemanenan, penilaian kualitas madu, dan strategi pemasaran. Data praktik meliponikultur dinilai berdasarkan aspek sanitasi, ketersediaan pakan, metode pemanenan, frekuensi pemanenan, dan kualitas pengemasan.

Analisis Data

Data kontaminasi mikroplastik dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Korelasi antara tingkat pengetahuan etnobiologi dengan tingkat kontaminasi dianalisis menggunakan analisis korelasi Pearson. Perbandingan kontaminasi antar lokasi diuji menggunakan ANOVA satu arah dengan uji lanjut Duncan ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Morfologi Mikroplastik

Analisis morfologi mikroplastik pada produk lebah kelulut (madu, polen dan propolis) menunjukkan dominasi bentuk fiber pada semua lokasi (Tabel 2). Persentase tertinggi di Kelulut Kalimantan (Kampung Tradisional) sebanyak 66,7%, diikuti Kelulut Asy Syifa (Kampung Transmigran) sebanyak 50,0% dan Cempaka Madu Kelulut (Pemukiman Baru) sebanyak 33,3%. Ukuran partikel bervariasi antara 254,7-408 μm, dengan partikel terbesar ditemukan di Kampung Transmigran Kelurahan Beruntung Jaya

Tabel 1 Karakteristik morfologi mikroplastik per lokasi

Lokasi	Fiber (%)	Fragmen (%)	Filamen (%)	Foam (%)	Diameter (μm)
Pemukiman Baru	33,3	33,3	22,2	11,1	254,7
Kampung Tradisional	66,7	33,3	0	0	284,5
Kampung Transmigran	50,0	16,7	16,7	16,7	408,0

Fiber merupakan bentuk mikroplastik yang paling mudah terbawa angin dan sering ditemukan dalam produk lebah (Gómez-Méndez et al., 2024). Kehadirannya menjadi peringatan dini atas masuknya partikel plastik ke dalam rantai makanan manusia melalui produk fungsional seperti madu. Akumulasi jangka panjang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti masalah pencernaan, gangguan hormonal, hingga efek sistemik lainnya (Smith et al., 2018).

Tabel 3 menjelaskan mengenai deskripsi mikroplastik yang ditemukan dalam madu kelulut (Heterotrigona itama) dari tiga lokasi meliponikultur di Kota Banjarbaru. Terdapat empat jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu: fiber, filamen, fragmen, foam, ciri-ciri, serta interpretasi etnobiologi dan ekotoksikologinya sesuai lokasi penelitian.

Tabel 2 Deskripsi mikroplastik dari madu kelulut di Kota Banjarbaru

Jenis Mikroplastik	Deskripsi Umum	Contoh Mikroplastik
Fiber (Serat)	Bentuk benang halus, biasanya berasal dari tekstil sintetis, jaring, atau debu plastik rumah tangga.	
Filamen	Potongan tipis memanjang, sering berasal dari kabel listrik, tali plastik, atau jaring nelayan.	
Fragmen (Pecahan)	Potongan kecil dengan bentuk tidak beraturan, biasanya berasal dari degradasi kantong plastik, botol, atau wadah plastik.	
ZFoam (Busa)	Bentuk ringan, berpori, berasal dari styrofoam kemasan makanan/minuman.	

Tingginya jumlah partikel mikroplastik berbentuk fiber pada sampel madu dari lokasi kebun di wilayah rural (Budidaya Kelulut Rafasya dan Kelulut Asy Syifa), dibandingkan dengan wilayah urban dan semi-urban, menunjukkan bahwa produk lebah kelulut *Heterotrigona itama* telah terpapar polusi mikroplastik. Temuan ini mendukung tujuan penelitian untuk mendeteksi mikroplastik sebagai indikator awal pencemaran udara oleh partikel plastik mikro dan menegaskan potensi lebah kelulut sebagai bioindikator lingkungan. Meski berada di area yang dianggap alami, paparan dapat berasal dari aktivitas pertanian seperti penggunaan mulsa plastik, wadah pupuk plastik, atau pembakaran limbah (Edo et al., 2021).

Distribusi Kontaminasi Mikroplastik

Hasil analisis kandungan mikroplastik menunjukkan bahwa semua sampel baik madu, polen dan propolis lebah kelulut dari ketiga lokasi penelitian mengandung mikroplastik dengan tingkat kontaminasi yang bervariasi (Tabel 1). Produk lebah kelulut dari Kampung Transmigran memiliki kontaminasi tertinggi (108 partikel/100ml), diikuti dengan Pemukiman Baru (55 partikel/100ml) dan Kampung Tradisional (51 partikel/100ml). Perbedaan signifikan ditemukan antara lokasi ($p<0,05$), menunjukkan bahwa ada pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas antropogenik seperti pembakaran sampah dan pembuangan plastik terhadap tingkat kontaminasi mikroplastik.

Tabel 3 Distribusi kontaminasi mikroplastik per matriks sampel (partikel/100ml)

Lokasi	Madu	Polen	Propolis	Total
Pemukiman Baru	16	18	21	55
Kampung Tradisional	2	0	49	51
Kampung Transmigran	47	13	48	108
Rata-rata	21,7	10,3	39,3	71,3

Tingginya kontaminasi pada propolis diduga karena sifat lengket dan komposisi resin yang mudah mengikat partikel asing dari lingkungan. Propolis diketahui memiliki kemampuan yang aktif dalam mengakumulasi logam berat seperti Pb, Cd, As, Cr, Fe, Mn, Cu, dan Zn dari lingkungan sekitar, terutama di area pertambangan atau daerah dengan polusi tinggi. Kandungan logam berat dalam propolis sangat berkorelasi dengan tingkat kontaminasi tanah, air, dan tanaman di sekitarnya, karena lebah mengumpulkan resin dari tumbuhan yang terpapar polusi (Glevitzky et al., 2025).

Analisis Etnobiologi

Evaluasi pengetahuan tradisional mengungkap paradoks menarik. Dalam hal ini, lokasi meliponikultur di Kelulut Kalimantan (Kampung Tradisional) memiliki skor pengetahuan tertinggi (4,6) namun memiliki tingkat kontaminasi propolis yang tertinggi (49 partikel/100ml). Sebaliknya, budidaya kelulut di Kampung Transmigran (Kelulut AsySyifa) dengan tingkat pengetahuan sedang (4,0) memiliki kadar kontaminasi madu yang tertinggi (47 partikel/100ml), sebagaimana terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Korelasi pengetahuan etnobiologi dengan kontaminasi mikroplastik

Parameter	Kampung Tradisional (Kelulut Kalimantan)	Pemukiman Baru (Cempaka Madu Kelulut)	Kampung Transmigran (Kelulut Asy Syifa)
Skor Pengetahuan	4,6	4,2	4,0
Skor Sanitasi	5	3	2
Kontaminasi Madu	2	16	47
Kontaminasi Total	51	55	108

Analisis korelasi menunjukkan hubungan negatif yang lemah antara pengetahuan tradisional dengan kontaminasi total ($r = -0{,}156$, $p > 0{,}05$), mengindikasikan bahwa pengetahuan lokal belum mencakup pemahaman tentang kontaminasi mikroplastik. Hal ini menunjukkan perlunya integrasi pengetahuan kontemporer dalam sistem pengetahuan tradisional. Penilaian terhadap struktur sarang ini sejalan dengan pendekatan biomonitoring terhadap pencemaran udara menggunakan indikator biologis (bioindikator), di mana perubahan morfologi dan arsitektur sarang mencerminkan tekanan lingkungan (Conti & Cecchetti, 2001).

Perspektif Ekotoksikologi

Dari perspektif ekotoksikologi, kontaminasi mikroplastik pada produk lebah menimbulkan risiko kesehatan baik bagi koloni lebah maupun konsumen. Partikel fiber berukuran besar (>300 µm) dapat menyumbat saluran pencernaan larva lebah, mengganggu perkembangan koloni. Bioakumulasi mikroplastik dalam propolis dapat mengubah struktur fisik sarang dan mengurangi efektivitas sebagai antibakteri alami. Kampung Transmigran dengan kontaminasi madu tertinggi (47 partikel/100ml) dikategorikan berisiko tinggi untuk konsumsi, mengingat madu kelulut sering dikonsumsi langsung tanpa proses pengolahan. Proximity lokasi ini dengan aktivitas antropogenik modern (jalan raya, pemukiman padat) diduga menjadi sumber utama kontaminasi melalui deposisi atmosferik dan *runoff* pada permukaan.

Penetapan batas kontaminasi mikroplastik juga memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan konsep "*ecological threshold*" dalam ekotoksikologi, yang mendasari penentuan ambang batas aman terhadap paparan kontaminan bagi organisme dan manusia (Clements & Rohr, 2009). Dengan demikian, hasil ini tidak hanya mendukung teori ekotoksikologi yang menekankan pentingnya biomonitoring melalui bioindikator, tetapi juga menantang paradigma lama dengan menunjukkan bahwa habitat rural sekalipun rentan terhadap pencemaran mikroplastik lintas wilayah, memperkuat argumen bahwa polusi mikroplastik bersifat *ubiquitous* dan *transboundary* (Bolo, 2024)

Strategi Mitigasi Berbasis Etnobiologi

Integrasi pengetahuan etnobiologi dengan teknologi modern dapat menghasilkan strategi mitigasi yang efektif dan berkelanjutan. Praktik pemanenan tradisional di Kampung Tradisional (skor 5) terbukti efektif menjaga kualitas madu (kontaminasi rendah: 2 partikel/100ml), namun perlu dikombinasikan dengan teknologi filtrasi modern untuk mengurangi kontaminasi propolis.

Sistem monitoring partisipatif yang menggabungkan pengetahuan lokal peternak dan keahlian teknis peneliti menghasilkan indikator yang lebih relevan dan mudah diterapkan, seperti penilaian visual kualitas tanah atau produk Pengembangan sistem monitoring partisipatif dengan melibatkan peternak lokal dalam deteksi dini perubahan kualitas produk dapat menjadi *early warning system* yang *cost-effective*. Pelatihan identifikasi visual kontaminasi dan dokumentasi perubahan perilaku lebah dapat meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap polusi lingkungan.(Soto et al., 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kontaminasi mikroplastik pada produk sarang lebah kelulut dengan pola distribusi yang berbeda antar lokasi dan matriks sampel. Propolis menunjukkan kontaminasi tertinggi, mengindikasikan jalur kontaminasi melalui resin tanaman. Bentuk fiber mendominasi kontaminasi dengan ukuran partikel 254,7-408 µm, menunjukkan sumber kontaminasi

primer dari aktivitas antropogenik. Analisis etnobiologi mengungkap paradoks dimana pengetahuan tradisional tinggi tidak berkorelasi dengan rendahnya kontaminasi mikroplastik, menunjukkan bahwa polusi ini merupakan fenomena baru dalam sistem pengetahuan lokal. Integrasi pendekatan ekotoksikologi dan etnobiologi memberikan framework komprehensif untuk pengembangan strategi mitigasi yang menggabungkan kearifan lokal dengan teknologi modern. Rekomendasi penelitian ini meliputi: 1) pengembangan standar kualitas produk lebah terkait batas maksimal mikroplastik, 2) program pelatihan peternak untuk deteksi dini kontaminasi, 3) zonasi produksi berdasarkan tingkat risiko kontaminasi, dan 4) pengembangan teknologi filtrasi ramah lingkungan untuk industri meliponikultur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah mendanai penelitian ini melalui skema PDWM (Program Dosen Wajib Meneliti) tahun 2025 dengan Nomor : 1926/UN8/PM/2025.

DAFTAR PUSTAKA

Basaran, B., Özçifçi, Z., Kanbur, E. D., Akçay, H. T., Gül, S., Bektaş, Y., & Aytan, Ü. (2024). Microplastics in honey from Türkiye: Occurrence, characteristic, human exposure, and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, *135*, 106646. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106646

Basri, S., Ahmad, B., Rismawati, N., Pakaya, R., Susilowati, Mahayana, I. M. B., Mulasari, S. A., Putera, D. A., Sudiadnyana, I. W., Lalu, N. A. S., Aranski, A. W., & Astuti, R. D. P. (2024). *Mikroplastik di Lingkungan* (H. Akbar (ed.); 1st ed.). Penerbit Media Sains Indonesia. https://eprints.uad.ac.id/63274/1/Buku Digital - MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN.pdf

Blanco, G. D., Hanazaki, N., Cunha, S. B., Cremer, M. J., & Campos, M. L. (2020). Exploring the Interfaces between Ethnobiology and Ecotoxicology: A Novel Approach. *Ethnobiology Letters*, *11*(1), 29–37. https://doi.org/10.14237/ebl.11.1.2020.1493

Bolo, P. (2024). *The Impact of Plastics on Human Health* (Issue November). https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/content/download/871686/file/Synthèse_Plastiquesanté_EN_VF.pdf

Clements, W. H., & Rohr, J. R. (2009). Community responses to contaminants: using basic ecological principles to predict ecotoxicological effects. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *28*(9), 1789–1800. https://doi.org/10.1897/09-140.1

Conti, M. E., & Cecchetti, G. (2001). Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment — a review. *Environmental Pollution*, *114*(3), 471–492. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00224-4

Edo, C., Fernández-Alba, A. R., Vejsnæs, F., van der Steen, J. J. M., Fernández-Piñas, F., & Rosal, R. (2021). Honeybees as active samplers for microplastics. *Science of the Total Environment*, *767*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144481

Engel, M. S., Rasmussen, C., Ayala, R., & de Oliveira, F. F. (2023). Stingless bee classification and

biology (Hymenoptera, Apidae): a review, with an updated key to genera and subgenera. *ZooKeys*, *1172*(August 2022), 239–312. https://doi.org/10.3897/zookeys.1172.104944

Glevitzky, M., Bostan, R., Vică, M. L., Dumitrel, G. A., Corcheş, M. T., Popa, M., Glevitzky, I., & Matei, H. V. (2025). Environmental Contamination and Mining Impact: Physico-Chemical and Biological Characterization of Propolis as an Indicator of Pollution in the Roșia Montană Area, Romania. *Plants*, *14*(6). https://doi.org/10.3390/plants14060866

Gómez-Méndez, L. D., Robles-Camargo, J. E., Vera-Bravo, R., Moncaleano-Niño, A. M., Devia Castillo, C. A., Ospina-Torres, R., Escobar-Cortés, Y., Camacho-Erazo, M., & Amarillo-Suárez, A. R. (2024). Characterization of Microplastics in Bees and Their Products in Urban and Rural Areas of the Sabana De Bogotá, Colombia. *Microplastics*, *3*(4), 589–598. https://doi.org/10.3390/microplastics3040036

Kadarsah, A., Nurliani, A., Santoso, H. B., & Kuntorini, E. M. (2024). Eksplorasi Kehadiran Sampah Plastik Terhadap Keragaman Tumbuhan Sumber Pakan Kelulut (Heterotrigona itama) di Geopark Meratus , Kalimantan Selatan. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, *3*(1), 1–12.

Nevio, A. A. (2022). *Gawat! Kupu-kupu dan Lebah Kesulitan Menemukan Bunga Akibat Polusi*. Jumat, 25 Februari 2022 | 09:00 WIB. https://nationalgeographic.grid.id/read/133158848/gawat-kupu-kupu-dan-lebah-kesulitan-menemukan-bunga-akibat-polusi?page=all

Samadi, A., Kim, Y., Lee, S. A., Kim, Y. J., & Esterhuizen, M. (2022). Review on the ecotoxicological impacts of plastic pollution on the freshwater invertebrate Daphnia. *Environmental Toxicology*, *37*(11), 2615–2638. https://doi.org/10.1002/tox.23623

Schiano, M. E., D'Auria, L. J., D'Auria, R., Seccia, S., Rofrano, G., Signorelli, D., Sansone, D., Caprio, E., Albrizio, S., & Cocca, M. (2024). Microplastic contamination in the agri-food chain: The case of honeybees and beehive products. *Science of the Total Environment*, *948*(June), 174698. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174698

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, *5*(3), 375–386. https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z

Soto, R. L., Padilla, M. C., Méndez, M. R., Pinto-Correia, T., Boix-Fayos, C., & de Vente, J. (2021). Participatory monitoring and evaluation to enable social learning, adoption, and out-scaling of regenerative agriculture. *Ecology and Society*, *26*(4). https://doi.org/10.5751/ES-12796-260429

Toledo-Hernández, E., Peña-Chora, G., Hernández-Velázquez, V. M., Lormendez, C. C., Toribio-Jiménez, J., Romero-Ramírez, Y., & León-Rodríguez, R. (2022). The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie*, *53*(1). https://doi.org/10.1007/s13592-022-00913-w

Wongsa, K., Duangphakdee, O., Poolprasert, P., & Rattanawannee, A. (2024). External morphometric and microscopic analysis of the reproductive system in- vitro reared stingless bee queens, Heterotrigona itama, and their mating frequency. *PLoS ONE*, *19*(9), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306085