



Pesticide Residues Analysis of Arabica Coffee Bean from Community Coffee Plantation Manglayang Mountain, Bandung Regency

Siska Rasiska¹, Yani Maharani^{1*}, Dedi Hutapea², Yudithia Maxiselly³, & Ela Hasri Wulandari³

¹Department of Plant Pests and Diseases, Agriculture Faculty, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21 Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, 45360

²Research Center for Horticultural and Plantation Crops, National Research and Innovation Agency (BRIN), Pusat Sains Cibinong Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Jawa Barat, 16911

³Department of Agricultural Cultivation, Agriculture Faculty, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21 Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, 45360

*Corresponding Author: yani.maharani@unpad.ac.id

Received February 02, 2024; revised June 20, 2024; accepted June 25, 2024

ABSTRACT

Coffee is one of the export commodities that has produced gross domestic product up to 16.15% of the agricultural sector. However, pesticide residues in agricultural products remain a barrier in the context of exports and agricultural product safety. The study aims to analyze the pesticide residue content in coffee produced by farmers at the Manglayang Mountain Community Coffee Plantation (CCP) compared to the maximum residue limit. The method used in this research is explorative descriptive by collecting samples from the Giri Senang Forest Community, Legok Nyenang-Giri Mekar Village, Cilengkrang District, Bandung Regency, and analyzed with the method EN 15662:2018. A kilogram of coffee is washed and dried for two days, then separated from the skin of the coffee and the green bean. The green bean are then extracted by QuEChERS, by adding 1% acetic acid in acetonitril and the extract is cleansed using high SPE dispersive. LC-ESI-MS/MS is operated in MRM mode, and validated according to the SANTE 12682/2019 requirements. The results of the research showed that the coffee from was not detected containing residues of pesticides from the organophosphate and carbamate groups. Thus, the coffee products from Manglayang Mountain CCP are considered safe to be consumed, and can be exported abroad.

Keywords: Detection method, Extraction method, Food safety

Analisis Residu Pestisida pada Kopi Arabika dari Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Manglayang, Kabupaten Bandung

ABSTRAK

Kopi merupakan salah satu komoditas ekspor yang telah menghasilkan Produk Domestik Bruto hingga 16.15% dari sektor perkebunan. Namun, residu pestisida pada produk pertanian masih menjadi kendala dalam konteks ekspor dan keamanan produk pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan residu pestisida pada kopi yang dihasilkan oleh petani di Perkebunan Kopi Rakyat (PKR) Gunung Manglayang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksploratif deskriptif dengan mengumpulkan sample dari Kelompok Tani Hutan Giri Senang, Kampung Legok Nyenang, Desa Giri Mekar, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung, dan dianalisis dengan metode EN 15662:2018. Sebanyak satu kilogram kopi dicuci dan dikeringanginkan selama 2 hari, kemudian dipisahkan kulit buah kopi dan biji kopi hijau. Biji tersebut kemudian diekstraksi secara QuEChERS, dengan menambahkan 1% asam asetat dalam asetronitril dan ekstraknya dibersihkan dengan menggunakan pigmen tinggi SPE dispersif. LC-ESI-MS/MS dioperasikan dalam mode MRM, dan divalidasi menurut persyaratan SANTE 12682/2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kopi dari PKR Gunung Manglayang tidak terdeteksi mengandung residu pestisida dari golongan organofosfat dan karbamat. Faktor eksternal dan internal memengaruhi deteksi residu pestisida pada kopi. Dengan demikian, perlu dilakukan upaya yang tepat untuk memudahkan deteksi residu pestisida yang dapat menjamin keamanan pangan untuk konsumsi dan ekspor.

Kata Kunci: Batas maksimum residu, Keamanan produk pertanian

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi, bahkan produksinya tertinggi ke tiga setelah Brazil, Kolombia dan Vietnam. Produksi kopi

di Indonesia pada tahun 2021 sebanyak 765.415 ton, namun jika dirata-rata sejak tahun 2017 hingga 2021, terjadi penurunan produksi sehingga pertumbuhannya menjadi minus 0,47 (Badan Pusat Statistik, 2021).

Cite this as: Rasiska S, Maharani Y, Hutapea D, Maxiselly Y, Wulandari EHW. 2024. Bioactivity of Kipahit Flower Extract *Tithonia Diversifolia* on Mortality and Eating Behavior of Larvae *Crocidolomia Pavonana*. *Cropsaver: Journal of Plant Protection*, 7(1): 43-50. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v7i1.53114>

Bahkan, Syakir & Surmaini (2017) menyatakan bahwa pertumbuhan kopi dapat berkurang 1% hingga 2%. Hal ini tentu saja perlu mendapat perhatian serius mengingat peranan kopi sebagai kontributor bagi Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia yang dapat mencapai 16,15%, dan menjadi komoditas ekspor unggulan dari sektor perkebunan dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 11,07% per tahun, walaupun tidak sebanding dengan laju pertumbuhan volume ekspor yang hanya sebesar 2,07% per tahunnya (Suwali *et al.*, 2022).

Kopi arabika (*Coffea arabica*) menjadi minuman yang paling populer di masyarakat Indonesia, karena dianggap memiliki efek kesehatan terhadap tubuh, terutama terhadap kesehatan jantung. Kopi memiliki manfaat untuk mencegah kejadian penyakit kardiovaskuler melalui beberapa mekanisme seperti mencegah kerusakan endotel meningkatkan vasodilatasi, dan memengaruhi nitrit oksida pada dinding pembuluh darah, jika dikonsumsi dalam jumlah dan cara pengolahan yang sesuai (Ma'isyah *et al.*, 2020). Kandungan senyawa pada buah kopi diantaranya kafein, diterpene, asam klorogenat, melanoid, quinine, flavonoid, lignan, dan trigonelin (O'Keefe *et al.*, 2018), sedangkan senyawa biologis aktif diantaranya asam fenolat, dan kalium yang dapat menurunkan kejadian berbagai penyakit (Loftfield *et al.*, 2015).

Efek positif dari kopi terhadap kesehatan tubuh manusia dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya cara pengolahan dengan teknik filter, dan dosis konsumsi dalam jumlah sedang (Mekonen *et al.*, 2015). Namun, efek positif dari kopi ini seringkali terganggu oleh adanya residu pestisida. Pestisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk memberantas dan membunuh organisme pengganggu tumbuhan (OPT), dengan tujuan untuk menghindari tingkat kerusakan tanaman yang semakin parah dan kerugian yang dialami oleh petani yang semakin tinggi. Pestisida yang digunakan secara tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, produsen dan konsumen produk, dan hanya 30% sampai 40% dari pestisida yang mencapai target, sedangkan sisanya menjadi residu di produk pertanian dan lingkungan (dos Reis *et al.*, 2015).

Menurut de Queiros *et al.* (2018) menyatakan bahwa di Brazil ditemukan berbagai macam pestisida yang digunakan untuk mengendalikan OPT kopi yang telah mencemari perairan, diantaranya Ametryne, Cyproconazole, Diuron, Epoxiconazole, Flutriafol, Triadimenol, Triazophos, Thiamethoxam, Iprodione, Flutriafol, Endosulfan, Pendimethalin, Chlorpirifos, Copper II hydroxide, Eton, Paraquat dichloride. Pestisida yang digunakan untuk mengendalikan hama penggerek buah kopi (PBKo) di Indonesia yang termasuk pada golongan Organoklorin, Neonikotinoid atau Thiametoksam, dan Disulfida, yaitu Cyantraniliprol, Endosulfan, Chlorantraniliprol dan Diamide, dan diasumsikan bahwa penggunaan pestisida tersebut dapat menimbulkan residu pestisida

pada biji kopi (Rasiska, 2021). Bahkan Johnson *et al.* (2020) menyatakan bahwa Endosulfan, seperti Fenitrothion, Fenthion, Pirimiphos metyl-metyl, Chlorantraniliprole dan Thiamethoxam sudah banyak digunakan di Brazil untuk mengendalikan hama PBKo.

Jepang menjadi salah satu negara tujuan ekspor kopi terbesar dari Indonesia, dan beberapa alasan memilih kopi dari Indonesia adalah PDB Jepang, harga kopi dunia, produksi kopi Indonesia, dan aroma yang khas (Hayakawa *et al.*, 2010). Jepang menerapkan standar keamanan produk, termasuk kopi yang diimpor dari berbagai negara penghasil kopi. Peraturan ketat mengenai standar keamanan pangan termasuk kopi diterapkan oleh organisasi standar dunia, badan khusus negara, dan importir tertentu, yang akan memengaruhi perdagangan dunia (Nugroho, 2014). Berdasarkan laporan dari Gabungan Eksportir Kopi Indonesia, ekspor kopi mengalami hambatan akibat standar residu pestisida yang diterapkan Jepang, terutama Carbaryl, Isoprocab, Glifosat dan Paraquat yang terdeteksi melebihi BMR hingga 0,01 ppm (Nugroho, 2014; Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Diduga, sumber dari residu pestisida pada kopi tersebut adalah berasal dari karung goni sebagai pengemas kopi yang kadarnya 100 kali lebih besar dari biji kopi mentah, dan pemanggangan adalah salah satu cara yang dapat mendegradasi residu pestisida pada kopi (Ishiwaki *et al.*, 2008). Pestisida tersebut berbahaya bagi ginjal dan hati yang menyebabkan netrotoksin, tertogenesis dan karsinogenesis. Jepang memiliki budaya minum kopi sejak lama, dan keamanan pangan dan proses pengolahan kopi yang ramah lingkungan menjadi pilihan dalam konsumsi kopi, termasuk di dalamnya tempat untuk mengonsumsi kopi, yaitu di kantor, dan mall (Takahashi, 2021).

Berdasarkan analisis residu, residu pestisida berupa hidrokarbon aromatik polisiklik, dan mikotoksin berkadar rendah ($20,78 \pm 3,11$ ug/kg massa kering (dm) dan $13,00 \pm 2,21$ ug/kg dm) dan kadar tinggi ($322,90 \pm 11,05$ ug/kg dm dan $501,20 \pm 14,73$ ug/kg dm) dapat menimbulkan efek karsinogenik (Taghizadeh *et al.*, 2022). Situmorang (2023) menyatakan bahwa tingkat residu pestisida organofosfat klorpirifos pada biji kopi berkisar antara 0,12584 mg/kg hingga 0,3511 mg/kg yang terkategori tinggi sehingga tidak baik untuk dikonsumsi. Batas residu pestisida pada produk kopi ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 24/Permentan/SR.140/4/2011 yang telah mengambil kebijakan untuk mengatur nilai Batas Maksimum Residu (BMR) pestisida berdasarkan pada Acceptable Daily Intake (ADI) untuk manusia sebesar $\leq 0,0015$ mg/kg atau setara dengan batas aman residu ≤ 1 ppm (Tamba, 2015).

Namun, tidak semua sample kopi yang dikumpulkan terdeteksi adanya residu pestisida. Hee Son *et al.* (2021) menyatakan bahwa dari 80 sample yang dikumpulkan dari negara penghasil kopi yaitu

Brazil, Colombia, Kenya, dan India, hanya 18,8% yang terdeteksi residu pestisida, diantaranya klorpirifos, triadimenol, triazol, imidacloprid, thiamethoxam, dan clothinidin yang dievaluasi pada tingkat aman menurut BMR. Thiametoxam adalah pestisida yang digunakan untuk mengendalikan hama Penggerek Buah Kopi dan diaplikasikan pada buah dan daun, sehingga residu pestisida juga ditemukan pada kulit buah kopi, biji kopi dan daun (Torres *et al.*, 2010). Meskipun, tidak semua sample dapat terdeteksi kandungan residu pestisidanya, monitoring harus tetap dilakukan untuk menjaga keamanan produk pertanian dan kesehatan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar residu pestisida pada biji kopi yang berasal dari perkebunan kopi rakyat Gunung Manglayang Kampung Legok Nyenang, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung, dalam upaya monitoring keamanan produk pertanian yang layak untuk dikonsumsi karena aman dari residu pestisida.

BAHAN DAN METODE

Sample buah kopi diperoleh dari Kelompok Tani Hutan Giri Senang, Kampung Legok nyenang, Desa Giri Mekar, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung, dengan ordinat 6°52'00.1" S, 107°42'40.9" E, dan ketinggian tempat 1.268,76 meter diatas permukaan laut. Kampung Legok Nyenang merupakan salah satu penghasil kopi dengan produktivitas di atas 3 ton/ha, bahkan produksinya terus meningkat. Buah kopi tersebut dibawa ke Laboratorium Hama, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Buah kopi selanjutnya dikirim ke PT. Saraswanti Indo Genetech yang beralamat di Jalan Rasamala No.20 Taman Yasmin Bogor 16113.

Metode yang digunakan untuk mendeteksi residu pestisida pada buah kopi asal Kampung Legok nyenang adalah EN 15662:2018, sesuai dengan dokumen SNI ISO/IEC 17025:2017. Metode ini merupakan standar Eropa untuk menganalisis residu pestisida dalam makanan dari tumbuhan, sayuran, sereal, dan produk olahan dengan menggunakan GC, GC-MS(/MS), dan/atau LC-MS(/MS). Data presisi dirangkum dalam FprCEN/TR 17063. Panduan yang digunakan dalam menentukan metode validasi adalah SANTE 12682/2019. Metode ini terus dikembangkan, dan hasil pengembangan dari dokumen SANCO 7826/VI/97 adalah SANCO/3103/2000, SANCO/10476/2003, SANCO/10232/2006, SANCO/2002/3131, SANCO/10684/2009, SANCO/12495/2011, SANCO/12571/2013, SANTE/11945/2015, SANTE/11813/2017, SANTE/12682/2019, dan SANTE/11312/2021 (VI). Batas kuantifikasi analit berada di bawah BMR yang ditetapkan oleh Uni Eropa melalui peraturan No. 396/2005. Cara ini dianggap menguntungkan dan efektif dalam proses pembersihan, serta ramah lingkungan karena hanya sedikit menggunakan pelarut organik (Zhang *et al.*, 2016). Reichert *et al.* (2018) menyatakan bahwa metode optimasi dan

validasi berbasis asetonitril untuk ekstraksi dengan penentuan LC-ESI-MS/MS merupakan tahapan yang paling penting dalam mendeteksi residu pestisida pada kopi, namun karakteristik kopi yang memiliki matrik yang spesifik, menyebabkan perlu dikembangkan metode pemulihan (clean-up) dengan dispersive-solid phase extraction (d-SPE).

Tahapan prosedur yang dilakukan adalah preparasi dilakukan dengan cara buah kopi dicuci bersih dan dikeringanginkan selama dua hari hingga kadar airnya mencapai 12%. Buah kopi kemudian dipisahkan antara kulit buah kopi dan bijinya sehingga diperoleh biji kopi hijau (green bean). Biji kopi hijau kemudian diekstraksi dengan menggunakan metode optimasi QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe). Biji kopi hijau dihancurkan dengan menggunakan blender, dan ditimbang sebanyak 2gram untuk dimasukkan ke dalam tabung 50 mL. Biji kopi halus ditambahkan 10 mL akuades dan dikocok selama 1 menit dan didiamkan selama 30 menit. Ke dalam tabung tersebut ditambahkan 10 mL asetonitril (yang diasamkan dengan 1% asam asetat atau asam format) dengan buffer (atau tanpa buffer) dan kocok kembali selama 1 menit, dan dikocok lagi dengan kecepatan 500 rpm selama 15 menit.

Ekstraksi dan homogenizer keramik kemudian dikocok dengan menggunakan shaker pada kecepatan 2500 rpm selama 2 menit. Setelah itu sentrifugasi dilakukan pada 4500 rpm selama 5 menit. Hasil ekstraksi sebanyak 6 mL dimasukkan ke dalam 15 mL d-SPE untuk membersihkan ekstrak dengan menggunakan pigmen tinggi, lalu dikocok dengan menggunakan shaker pada kecepatan 2.500 rpm selama 1 menit, dan disentrifugasi pada kecepatan 14.000 rpm selama 3 menit.

Hasil ekstraksi sebanyak 1 mL diambil dengan menggunakan spuit dan disaring dengan filter 0,2 m ke dalam vial LC. Standar dibuat dengan enam titik konsentrasi, yaitu 5 ng/mL, 10 ng/mL, 30 ng/mL, 50 ng/mL, 70 ng/mL, dan 100 ng/mL, yang diencerkan dengan menggunakan pelarut asetonitril. Analisis kromatografi cair tandem spektrometri massa (LC-ESI-MS/MS) dioperasikan dalam mode MRM untuk tiga komposisi, yaitu 1(fasa gerak A Air:metanol (98:2)+0,1% asam format, dan fase gerak B metanol+0,1% asam format); komposisi 2(fasa gerak a : air+amonium format 10 mM, fase gerak B metanol+amonium format 10 mM; komposisi 3 (fasa gerak A mengandung 5 mM amonium format dalam 20% metanol dan fase gerak B mengandung 5 mM amonium format dalam 90% metanol). Kolom yang digunakan adalah BEH C18, 2,1x100 mm, 1,7 µm, suhu kolom 40 oC, mode injeksi full loop, volume injeksi 3 µL, dan suhu sample 10 oC. Kondisi MS dengan mode Electrospray ionization (ESI+) positif, dengan tegangan kapiler 1 kV, desolvasi nitrogen 1000 L/jam 500 oC, kerucut nitrogen 5 L/jam, suhu ion sumber 150 oC, dan tumbukan argon 3,5 mBar.

Tuning pertama dilakukan untuk setiap analit, setelah itu seluruh variasi konsentrasi larutan standar yang diinjeksikan ke dalam alat LC-ESI-MS/MS, dan dicatat luas daerah puncaknya. Batas deteksi (LOD) dan batasannya dikuantifikasi (LOQs) diperoleh dalam kisaran 0,2-2,9 ug kg⁻¹ dan 0,8-9,7 ug kg⁻¹. Metode validasi dilakukan berdasarkan dokumen SANTE/12682/2019 tentang Dokumen Panduan Pengendalian Mutu Analitik dan Tata Cara Validasi Metode Residu Pestisida dan Analisis pada Pangan dan Pakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deteksi residu pestisida golongan Organofosfat pada buah kopi dari Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Manglayang

Pestisida Organofosfat memiliki sifat beracun dan berbahaya bagi arthropoda, ikan, burung, manusia, hewan dan tumbuhan yang berharga, namun dapat didekontaminasi dengan cepat melalui hidrolisis pada paparan biosfer, dengan menggunakan kultur bakteri (Mulla *et al.*, 2020). Pestisida dari golongan Organofosfat seperti Klorpirifos, Disulfoton, Ethion, dan Metil parathion sudah banyak digunakan oleh petani kopi di Brazil untuk mengendalikan hama penggorok daun kopi *Leucoptera coffeella*, dan telah terjadi resistensi insektisida karena keterlibatan enzim esterase dan glutathion S-transferase (Fragoso *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2016), dan di Tanzania juga digunakan Diazinon,

Klorpirifos, Fenthion, Dicrotophos, Ethion, Prefenphos, dan Fenitrothion untuk mengendalikan *L. meyricki* (Bardner & Mcharo, 2008). Bahkan di Kenya, Klorpirifos telah menyebabkan resistensi pada tungau *Euseius kenyae* (Swirki & Ragusa) pada konsentrasi sampai 200% dari konsentrasi rekomendasi di lapangan (Mugo *et al.*, 2011). Pestisida selain dapat mengendalikan hama juga berefek negatif terhadap serangga bermanfaat lainnya. Fernandes *et al.*, (2013) menyatakan bahwa pestisida organofosfat, seperti Klorpirifos (pestisida paling toksik), Triazofos, Piridafention, dan Klorantraniliprol (pestisida paling selektif) dapat beracun bagi serangga predator tawon Vespidae (*Protonectarina sylveirae* (71,50%), *Brachigastra lecheguana* (12,00%), *Plybia* sp. dan *Polistes versicolor* (1,00%).

Sample biji kopi yang diperoleh dari PKR Gunung Manglayang, Kampung Legok Nyenang, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung dianalisis kandungan residu pestisida golongan Organofosfat, yaitu Azinphos-methyl, Chlorpyriphos ethyl, Chlorpyriphos methyl, Cis-mevinphos, Diazinon, Dichlorvos, Dimethoate, Disulfoton, Etrimfos, Fenamiphos, Fenitrotion, Fenthion, Malathion, Methacrifos, Methidathion, Methil pirimiphos, Moncrotophos, Phosalone, Phosphamidon, Profenofos, Triazophos, Methamidophos, Terbufos, dan Acephate (Tabel 1.).

Tabel 1. Deteksi residu pestisida golongan Organofosfat pada kopi asal Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Manglayang

No.	Parameter	Kadar (mg/kg)	Batas deteksi (mg/kg)
1.	Azinphos-methyl	Tidak terdeteksi	0,0066
2.	Chlorpyriphos ethyl	Tidak terdeteksi	0,001
3.	Chlorpyriphos methyl	Tidak terdeteksi	0,0024
4.	Cis-mevinphos	Tidak terdeteksi	0,00302
5.	Diazinon	Tidak terdeteksi	0,00037
6.	Dichlorvos	Tidak terdeteksi	0,01135
7.	Dimethoate	Tidak terdeteksi	0,00132
8.	Disulfoton	Tidak terdeteksi	0,01014
9.	Etrimfos	Tidak terdeteksi	0,001
10.	Fenamiphos	Tidak terdeteksi	0,001
11.	Fenitrotion	Tidak terdeteksi	0,001
12.	Fenthion	Tidak terdeteksi	0,01333
13.	Malathion	Tidak terdeteksi	0,00372
14.	Methacrifos	Tidak terdeteksi	0,002
15.	Methidathion	Tidak terdeteksi	0,001
16.	Methil pirimiphos	Tidak terdeteksi	0,001
17.	Monocrotophos	Tidak terdeteksi	0,00091
18.	Phosalone	Tidak terdeteksi	0,0026
19.	Phosphamidon	Tidak terdeteksi	0,001
20.	Profenofos	Tidak terdeteksi	0,00098
21.	Triazophos	Tidak terdeteksi	0,0006
22.	Methamidophos	Tidak terdeteksi	0,001
23.	Terbufos	Tidak terdeteksi	0,03364
24.	Acephate	Tidak terdeteksi	0,001

Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel biji kopi dari PKR Gunung Manglayang tidak terdeteksi mengandung residu pestisida dari golongan Organofosfat. Hal ini diduga sangat kecilnya kadar residu pestisida pada biji kopi asal PKR Gunung atau sama sekali tidak mengandung residu pestisida yang menyebabkan tidak terdeteksinya pestisida golongan organofosfat. Hee Son *et al.*, (2020) mengumpulkan sampel biji kopi dari berbagai negara, yaitu kopi arabika dari Brazil, Vietnam, Colombia, Indonesia, Ethiopia, Peru, Honduras, Guatemala, Kenya dan India, dan hanya sebagian yang terdeteksi mengandung residu pestisida, yaitu insektisida Organofosfat, diantaranya Triadimenol (Fungisida Triazol, Imidacloprid, Thiamethoxam, dan Clothianidin) dari negara Brazil, Colombia, Kenya dan India, namun masih tergolong aman untuk dikonsumsi. Bahkan Jacobs and Yess (1993) mendeteksi residu pestisida pada kopi, seperti klorpirifos (0,01; 0,02; dan 0,04 ppm), dan Pirimiphos-methyl (0,01 ppm). Hee Son *et al.*, (2021) menyatakan bahwa dari 80 sample yang dikumpulkan dari berbagai negara, yaitu Brazil, Colombia, Kenya dan India, maka hanya 18,8% yang terdeteksi kadar residu pestisidanya, yaitu dari jenis pestisida klorpirifos, triadimenol, triazol, imidacloprid, thiamethoxam, dan clothianidin, namun masih tergolong aman berdasarkan BMR.

Menurut Johnson *et al.*, (2020), Endosulfan merupakan pestisida dari golongan organoklorin yang

banyak digunakan di Brazil dan memiliki kemampuan untuk membunuh berbagai jenis hama, namun karena memiliki tingkat toksisitas yang tinggi maka digunakan pestisida yang kurang daya racunnya, yaitu Fenitrothion, Fenthion, Pirimiphos methyl-methyl dari golongan Organofosfat, namun kurang efektif untuk mengendalikan PBKo, sehingga digunakan Thiamethoxan dan Chlorantraniliprol yang termasuk pada insektisida sistemik, dan keefektifannya sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim mikro.

Deteksi residu pestisida golongan Karbamat pada biji kopi dari Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Manglayang

Sample biji kopi yang diperoleh dari perkebunan kopi rakyat Kampung Legok nyenang, Girimekar, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung dianalisis kandungan residu pestisida golongan Karbamat, yaitu Aldicarb, Carbaryl, Carbofuran, Chlorpropham, Fenobucarb, Isoprocarb, Methomyl, Oxamyl, Propamocarb, dan Methiocarb sulfone (Tabel 2.). Pestisida dari golongan Karbamat digunakan oleh petani untuk mengendalikan hama pada tanaman kopi. Namun, dibandingkan dengan pestisida lainnya, maka pestisida dari golongan Karbamat tidak begitu banyak digunakan, namun efeknya beracun dan bersifat progresif dan selektif bagi makhluk hidup, dengan fungsinya yang dapat menghambat enzim asetilkolinesterase pada serangga secara reversibel.

Tabel 2. Deteksi residu pestisida golongan Karbamat pada kopi asal perkebunan kopi rakyat Gunung Manglayang.

No.	Parameter	Kadar (mg/kg)	Batas deteksi (mg/kg)
1.	Aldicarb	Tidak terdeteksi	0,001
2.	Carbaryl	Tidak terdeteksi	0,001
3.	Carbofuran	Tidak terdeteksi	0,001
4.	Chlorpropham	Tidak terdeteksi	0,09636
5.	Fenobucarb	Tidak terdeteksi	0,00133
6.	Isoprocarb	Tidak terdeteksi	0,00025
7.	Methomyl	Tidak terdeteksi	0,01001
8.	Oxamyl	Tidak terdeteksi	0,00045
9.	Propamocarb	Tidak terdeteksi	0,001
10.	Methiocarb sulfone	Tidak terdeteksi	0,00116

Leite *et al.*, (2020) menyatakan bahwa pengendalian *L.coffeella* (Guerin-Meneville & Perrotet, 1842) di Brazil tidak hanya menggunakan pestisida dari golongan Organofosfat, tetapi juga dari golongan Karbamat, Pyrethroid, dan Neonicotinoid yang beberapa diantaranya relatif persisten di lingkungan dan kurang selektif terhadap musuh alami. Jepang menyatakan bahwa kopi dari Indonesia mengandung Isoprocarb yang termasuk pada golongan Karbamat dengan kadar yang lebih tinggi menurut standar keamanan pangan Jepang, yaitu lebih dari 0,001 mg/kg, dan hal ini dapat mengancam perdagangan kopi di pasar internasional.

Abu Al-Maaly dan Al Musawi (2023) menyatakan bahwa lembaga penelitian di Bagdad mendeteksi adanya residu pestisida pada beberapa kopi yang dikumpulkan dari Brazil, Ethiopia, India, Kenya, Uganda, Indoneisa, Guatemala, dan Kolombia, terutama pestisida dari golongan Pyrethroid, seperti Sipermetrin (0,437 mg/kg), Deltametrin (0,833 mg/kg), Permetrin (1,063 mg/kg),

dan Bifentrin (0,753 mg/kg) yang terkategori diatas dari BMR internasional dengan menggunakan metode LC-MS. Dan penambahan prekursor karbon nanopori turunan ZIF-8 yang mengandung logam organik tipe zeolit yang kuat dan termal serta sangat berpori sebagai adsorben ekstraksi padat, maka analit yang teradsorpsi dielusi dengan asetonitril dengan penentuan LC-UV dengan kinerja yang tinggi, dapat mendeteksi residu pestisida dari golongan karbamat (Hao *et al.*, 2015). Jacob & Yess (1993) menyatakan bahwa sebagian besar biji kopi import yang dikumpulkan dari berbagai negara, sekira 93% tidak terdeteksi mengandung pestisida dari golongan Organoklorin, Organofosfat, N-methyl Karbamat, benomyl dan Ethylene bisdithiocarbamates (EBDCs), diantaranya Maneb, Zineb, dan Mancozeb.

KESIMPULAN

Biji kopi yang berasal dari Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Manglayang, Kampung Legok nyenang, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten

Bandung tidak terdeteksi mengandung residu pestisida dari golongan organophosphat, dan karbamat. Namun, deteksi residu pestisida tetap harus dilakukan dalam upaya menjamin keamanan produk pertanian dengan tujuan konsumsi dan ekspor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendukung penelitian ini melalui hibah fundamental dengan nomor kontrak 148/E5/PG.02.00/PL/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Al-Maaly & Al-Musawi RA. 2023. Estimation of some metal pollutants and pesticide residues in coffee products available in the local markets of Baghdad. *Biopesticides International*.<https://doi.org/10.59467/bi.2023.19.229>.
- Affandi A, & Sinaga A. 2014. Hubungan pengetahuan dan persepsi harga dengan penggunaan pestisida dalam usahatani. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*, 2(2): 93-106. <https://doi.org/10.29244/jai.2014.2.2.93-106>.
- Bresin B, Piol M, Fabbro D, Mancini MA, Casetta B, & Del Bianco C. 2015. Analysis of organochlorine pesticides residue in raw coffee with a modified “quick easy cheap effective rugged and safe” extraction/clean up procedure for reducing the impact of caffeine on the gas chromatography–mass spectrometry measurement. *Journal of Chromatography A*, 1376, 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.12.016>.
- Chao LIU, Li-bao MEI, Hai-fei YIN, Shu-zhen LI, & Yu-zhou LONG. 2023. Simultaneous determination of 24 kinds of pesticide residues in coffee peel by solid phase extraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Food and Machinery*, 39(1): 47-54. <https://www.ifoodmm.cn/journal/vol39/iss1/8>.
- Costa DP, Fernandes FL, Alves FM, da Silva ÉM, & Visôto LE. 2016. Resistance to Insecticides in Populations of the Coffee Leafminer. *Insecticides Resistance*, 1.
- da Silva Souza NR, & Navickiene S. 2019. Multiresidue determination of carbamate, organophosphate, neonicotinoid and triazole pesticides in roasted coffee using ultrasonic solvent extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of AOAC International*, 102(1): 33-37.<https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0294>.
- de Queiroz VT, Azevedo MM, da Silva Quadros IP, Costa AV, do Amaral AA, Juvanhil, RS, & dos Santos AR. 2018. Environmental risk assessment for sustainable pesticide use in coffee production. *Journal of contaminant hydrology*, 219: 18-27.<https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.08.008>.
- dos Reis MR, Fernandes FL, Lopes EA, Gorri JER, & Alves FM. 2015. Pesticide residues in coffee agroecosystems. In *Coffee in health and disease prevention* (pp. 235-244). Academic Press.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00026-7>.
- Dias CM, Oliveira FA, Madureira FD, Silva G, Souza WR, & Cardeal ZL. 2013. Multi-residue method for the analysis of pesticides in Arabica coffee using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(7): 1308-1315. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.801088>.
- Erdiansyah NP, & Yusianto Y. 2012. Relationship between caffeine content and flavor with light intensity of several coffee Robusta clones. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 28(1): 14-22.
- Fernandes FL, da Silva PR, Gorri JER, Pucci LF, & da Silva ÍW. 2013. Selectivity of old and new insecticides and behaviour of vespidae predators in coffee crop. *Sociobiology*, 60(4): 471-476.<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i4.471-476>.
- Fragoso DB, Guedes RNC, Picanço MC, & Zambolim L. 2002. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of entomological research*, 92(3): 203-212. <https://doi.org/10.1079/BER2002156>.
- Gonthier DJ, Witter JD, Spongberg AL, & Philpott SM. 2011. Effect of nitrogen fertilization on caffeine production in coffee (*Coffea arabica*). *Chemoecology*, 21: 123-130. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-011-0073-7>.
- Hao L, Liu X, Wang J, Wang C, Wu Q, & Wang Z. 2015. Use of ZIF-8-derived nanoporous carbon as the adsorbent for the solid phase extraction of carbamate pesticides prior to high-performance liquid chromatographic analysis. *Talanta*, 142: 104-109.<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.04.034>.
- Hameed A, Hussain, SA, & Suleria HAR. 2020. “Coffee bean-related” agroecological factors affecting the coffee. Co-evolution of secondary metabolites, 641-705.https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-96397-6_21.
- Harelimana A, Rukazambuga D, & Hance T. 2022. Pests and diseases regulation in coffee agroecosystems by management systems and resistance in changing climate conditions: A review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(5): 1041-1052.<https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-011-0073-7>.

- springer.com/article/10.1007/s41348-022-00628-1.
- Hayakawa F, Kazami Y, Wakayama H, Oboshi R, Tanaka H, Maeda GOU, & Miyabayashi T. 2010. Sensory lexicon of brewed coffee for Japanese consumers, untrained coffee professionals and trained coffee tasters. *Journal of Sensory Studies*, 25(6): 917-939. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00313.x>.
- Ishiwaki T, Yamaishi E, & Hamada A. 2009. Residual pesticides in coffee. In 22nd International Conference on Coffee Science, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September, 2008 (pp. 568-570). Association Scientifique Internationale du Café (ASIC). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093174735>.
- Jacobs RM, & Yess NJ. 1993. Survey of imported green coffee beans for pesticide residues. *Food Additives & Contaminants*, 10(5): 575-577. <https://doi.org/10.1080/02652039309374180>.
- Johnson MA, Ruiz-Diaz CP, Manoukis NC, & Verle Rodrigues JC. 2020. Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), a global pest of coffee: perspectives from historical and recent invasions, and future priorities. *Insects*, 11(12): 882. <https://doi.org/10.3390/insects11120882>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. Wangi Jahe Merah Dan Kopi Petani Hutan Saat Pandemi. https://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2411.
- Kim D, Oh S, Song Y, Shin S, Lee S, Kim J, & Lee BJ. 2021. Survey and risk assessment on residual pesticides and heavy metals in coffee beans distributed in Daejeon. *Journal of Biomedical and Translational Research*, 22(1): 49-62. <https://doi.org/10.12729/jbtr.2021.22.1.049>.
- Leite SA, Guedes RNC, Santos MPD, Costa DRD, Moreira AA, Matsumoto SN, & Castellani M A. 2020. Profile of coffee crops and management of the Neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. *Sustainability*, 12(19): 8011. <https://doi.org/10.3390/su12198011>.
- Ma'isyah AM, Angelia F, Gusman GG, Lihayati L, Al Zaref M, Defani NM, & Ilmiawati C. (2019). Potensi kopi sebagai zat gizi fungsional untuk kesehatan kardiovaskuler. *Majalah Kedokteran Andalas*, 43(1): 47-56. <https://doi.org/10.25077/mka.v43.i1.p47-56>. 2020.
- Merhi A, Kordahi R, & Hassan HF. 2022. A review on the pesticides in coffee: Usage, health effects, detection, and mitigation. *Frontiers in Public Health*, 10: 1004570. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1004570>.
- Mugo HM, El-Banhawy EM, Irungu LW, Ndegwa, P. N, & Mburu DN. 2011. Resistance of the predacious mite, *euseius kenyae* (acar: phytoseiidae) to chlorpyrifos (dursban®) in kenyan coffee farms. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, 13(1): 53-64. <https://www.ajol.info/index.php/jagst/article/view/73971>.
- Mulla SI, Ameen F, Talwar MP, Eqani SAMAS, Bharagava RN, Saxena G, & Ninnekar HZ. 2020. Organophosphate pesticides: impact on environment, toxicity, and their degradation. *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety: Volume I: Industrial Waste and Its Management*, 265-290. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-1891-7_13.
- Nugroho, A. 2014. The impact of food safety standard on Indonesia's coffee exports. *Procedia Environmental Sciences*, 20: 425-433. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.054>.
- O'Keefe JH, DiNicolantonio JJ, Lavie CJ. Coffee for Cardioprotection and Longevity. *Prog Cardiovasc Dis*. 2018. 61(1):38-42. doi: 10.1016/j.pcad.2018.02.002. [PubMed].
- Panthi BB. 2014. Small scale coffee farmer's response towards management of coffee pest through field level techniques. *Journal of Institute of Science and Technology*, 19(2): 37-44.
- Reichert B, de Kok A, Pizzutti I R, Scholten, J., Cardoso CD, & Spanjer M. 2018. Simultaneous determination of 117 pesticides and 30 mycotoxins in raw coffee, without clean-up, by LC-ESI-MS/MS analysis. *Analytica chimica acta*, 1004: 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2017.11.077>.
- Situmorang S. 2023. Analisa Residu Pestisida Organofosfat Berbahan Aktif Klorpirifos pada Kopi Arabika (*Coffea arabica*) Menggunakan Kromatografi Gas (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara). <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/87229>.
- Son JH, Oh MS., Moon S, Ki, HT, Lee CH, Ryu JE, & Choi OK. 2021. A safety survey on pesticide residues in green coffee beans. *Korean Journal of Food Preservation*, 28(5): 598-611. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.5.598>.
- Suwali PutrantoAH, Panunggul VB., Kinding, DPN, & Noviani F. 2022. Analisis Kontribusi Ekspor Kopi Terhadap Pdb Sektor Perkebunan Di Indonesia. *Perwira Journal of Economics & Business*, 2(2): 43-49. <https://doi.org/10.54199/pjeb.v2i2.143>.
- Taghizadeh SF, Rezaee R, Azizi M, Giesy JP, & Karimi, G. 2022. Polycyclic aromatic hydrocarbons, mycotoxins, and pesticides

- residues in coffee: a probabilistic assessment of risk to health. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2036984>.
- Takahashi R. 2021. How to stimulate environmentally friendly consumption: Evidence from a nationwide social experiment in Japan to promote eco-friendly coffee. *Ecological Economics*, 186, 107082. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107082>.
- Tamba D. 2015. Analisis Residu Pestisida Triazofos pada Biji Kopi Kering Menggunakan Kromatografi Gas FPD (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara). <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/72585>.
- Teixeira HM, Bianchi FJ, Cardoso IM, Tittonell P, & Pena-Claros M. 2021. Impact of agroecological management on plant diversity and soil-based ecosystem services in pasture and coffee systems in the Atlantic forest of Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107171. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107171>.
- Thoriq A, Sugandi WK, Sampurno RM & Arief M. 2019. Pengetahuan dan tindakan petani dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman kopi berbasis agroforestri di Kecamatan Sukasari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Agrifor*, 8(1): 33-42.
- Torres FZV, Rigitano RDO, & Torres L. C. 2010. Occurrence of thiamethoxam in coffee (*Coffea arabica* L.) leaves and fruits following a soil drench application of the insecticide. *Coffee Science*, 5(2): 148-153. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113240455>
- Torrez V, Benavides-Frias C, Jacobi J, & Speranza, CI. 2023. Ecological quality as a coffee quality enhancer. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 43(1): 19. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-023-00874-z>.
- Trevisan MTS, Owen RW, Calatayud-Vernich P, Breuer A, & Picó Y. 2017. Pesticide analysis in coffee leaves using a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe approach and liquid chromatography tandem mass spectrometry: Optimization of the clean-up step. *Journal of Chromatography A*, 1512: 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.07.033>.
- Venzon M. 2021. Agro-ecological management of coffee pests in Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 721117. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.721117>.
- Xu S, Liu Y, Sun Z, Chen G, Ma F, Yang N, & Fisk ID. 2023. Effects of agro-forestry systems on the physical and chemical characteristics of green coffee beans. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1198802>
- Yang X, Wang J, Zhang H, Xu D, Qiu J, Wang Z, & Cao W. 2010. Simultaneous determination of 70 pesticide residues in Coffees by gas chromatography-mass spectrometry. In 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICBBE.2010.5515755>.
- Yusuf M, Idroes R, Bakri TK, Satria M, Nufus H, Yuswandi I, & Helwani Z. 2021.. Method validation for pesticide multiresidue analysis of pyrethroid on green beans of arabica gayo coffee using gas chromatography-electron capture detector (GC-ECD). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 667(1): p. 012039). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/667/1/012039.

