

# *Gas Chromatography Method Implementation to Determine Organophosphate Pesticide Residues in Kefamenanu Agricultural Land*

Penerapan Metode *Gas Chromatography* Untuk Menentukan Residu Pestisida Organofosfat Pada Tanah Lahan Pertanian Kefamenanu

Marselina Theresia Djue Tea, Elisabeth Korbafo, Pudensia Ririn, Sanci Welmince Bani

**Prodi Kimia Universitas Timor, Jl. KM 09 Sasi, Kefamenanu, 85611**

E-mail: [marselina.yunitea@unimor.ac.id](mailto:marselina.yunitea@unimor.ac.id)

**Abstract** - Pesticides are widely used in agriculture to prevent or control pests and diseases that interfere with or damage agricultural crops. However, excessive and inappropriate use of pesticides on agricultural land in Kefamenanu causes pesticide residues to remain on agricultural products and the environment. In this applied study, organophosphate pesticide residues were determined in agricultural soil with the aim of determining their presence and levels in the soil. The gas chromatography method was used. The analysis results obtained showed the detection of pesticide residues of chlorpyrifos, profenofos, and malathion. The retention time of each pesticide residue was 4.56 minutes, 3.68 minutes, and 3.35 minutes, which were in accordance with the retention time of each standard. The levels of pesticides chlorpyrifos, profenofos, and malathion were 1,817 mg/kg, 0.764 mg/kg, and 0.009 mg/kg, respectively. The results of the study showed that the levels of pesticide residues of chlorpyrifos and profenofos in the soil exceeded the maximum residue limit (MRL) that had been set. The malathion residue levels did not exceed the maximum residue limit. Thus, several recommendations are given that need to be implemented immediately.

**Keywords:** Pesticide Residue, Organophosphate, Chlorpyrifos, Profenofos, Malathion, Soil

**Abstrak** - Pestisida digunakan secara luas dalam bidang pertanian untuk mencegah atau mengendalikan hama dan penyakit yang mengganggu atau merusak tanaman pertanian. Namun, penggunaan pestisida pada lahan pertanian di Kefamenanu yang berlebihan dan tidak tepat menyebabkan tertinggalnya residu pestisida pada hasil pertanian dan lingkungan. Pada studi terapan ini dilakukan penentuan residu pestisida organofosfat pada tanah lahan pertanian yang bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan kadarnya dalam tanah. Metode kromatografi gas digunakan. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan terdeteksinya residu pestisida klorpirifos, profenofos, dan malation. Waktu retensi masing-masing residu pestisida yaitu, 4.56 menit, 3.68 menit, dan 3,35 menit yang sesuai dengan waktu retensi dari masing-masing standar. Kadar pestisida klorpirifos, profenofos, dan malation masing-masing sebesar 1.817 mg/kg, 0.764 mg/kg, dan 0.009 mg/kg. Hasil studi menunjukkan bahwa kadar residu pestisida klorpirifos dan profenofos pada tanah melebihi batas maksimum residu (BMR) yang telah ditetapkan. Kadar residu malation tidak melebihi batas residu maksimum. Dengan demikian diberikan beberapa rekomendasi yang perlu segera dilakukan.

**Kata Kunci:** Residu Pestisida, Organofosfat, Klorpirifos, Profenofos, Malation, Tanah

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan sumber daya yang tak ternilai bagi kehidupan di Bumi. Karena tidak dianggap dapat diperbarui, degradasi tanah menjadi masalah penting dan mendesak [1]. Kontaminasi dari senyawa antropogenik merupakan faktor utama dalam penurunan kualitas tanah. Di antara senyawa tersebut, pestisida merupakan salah satu kontaminan terpenting dalam tanah pertanian, baik karena penggunaannya yang luas maupun potensi bahayanya terhadap berbagai organisme (termasuk manusia) [2][3]. Pestisida adalah

senyawa kimia yang digunakan untuk mencegah atau mengendalikan hama, termasuk serangga, hewan pengerat, jamur, gulma, dan organisme yang tidak diinginkan lainnya [3]. Unsur pestisida kini telah secara permanen masuk ke atmosfer dan selanjutnya mencemari air, makanan, dan tanah, yang menyebabkan ancaman kesehatan mulai dari toksisitas akut hingga kronis [3].

Pestisida dapat menyebabkan toksisitas akut jika dosis tinggi terhirup, tertelan, atau bersentuhan dengan kulit atau mata, sementara paparan yang berkepanjangan atau berulang terhadap pestisida dapat menyebabkan toksisitas

kronis [3]. Analisis residu pestisida dalam tanah merupakan aspek penting dalam pemantauan lingkungan. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan tingginya tingkat kontaminasi dari pestisida yang saat ini digunakan [4][5][6]. Salah satu residu pestisida yang sering ditemukan dalam tanah yaitu organofosfat [7][8].

Pestisida organofosfat memiliki manfaat dalam mengurangi kehilangan hasil panen pasca-panen melalui pengendalian hama, sekaligus memastikan penurunan kejadian penyakit yang ditularkan oleh *vector*. Pestisida organofosfat adalah ester yang berasal dari asam fosfat [9]. Meskipun pestisida umumnya memiliki variasi dalam mekanisme kerjanya, pestisida organofosfat secara luas dikenal sangat neurotoksik karena menghambat asetilkolinesterase [10], enzim yang menghidrolisis neurotransmitter asetilkolin pada sinaps kolinergik di otak dan pada persimpangan neuromuscular [11].

Kendala utama dalam meningkatkan produksi pertanian di Kefamenanu adalah serangan hama dan penyakit yang merusak tanaman. Akibatnya, petani seringkali bergantung pada pestisida kimia sebagai upaya pengendalian hama. Pengaplikasian pestisida di lahan dilakukan dari awal hingga akhir masa tanam. Penyemprotan pestisida dilakukan 2-3 kali dalam seminggu pada waktu sore hari. Dosis pestisida yang digunakan petani kerap kali tidak didasarkan pada perhitungan yang tepat, melainkan biasanya ditentukan berdasarkan ukuran tutup botol kemasan pestisida. Penggunaan pestisida yang tidak terkendali dan tanpa memperhatikan dosis yang tepat dapat menyebabkan akumulasi residu pestisida dalam tanah pertanian. Akumulasi residu pestisida ini dapat mencemari sumber air tanah, mengurangi kualitas produk pertanian, dan mengancam kesehatan manusia dan organisme tanah. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memantau konsentrasi pestisida organofosfat dalam tanah lahan pertanian Kefamenanu.

## 2. METODE PELAKSANAAN

Sampel tanah pada kajian ini diambil di lahan pertanian Oelninaat dan Lordes Kefamenanu pada bulan Agustus 2024. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada musim hujan. Sampel diambil di 5 titik dengan pola diagonal pada kedalaman 0–20 cm (Gambar 1). Sampel dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan disimpan dalam *cool box*. Selanjutnya, sampel tanah dikeringanginkan untuk mengurangi kadar air. Sampel digerus lalu diayak menggunakan ayakan 100 *mesh* untuk menyamakan ukuran dan mendapatkan bubuk sampel

(Gambar 2). Penentuan residu pestisida organofosfat dilakukan menggunakan metode kromatografi gas di Laboratorium ICBB PT Biodiversitas Bioteknologi Indonesia. Sampel diproses dan dianalisis sesuai dengan metode kerja pada Laboratorium ICBB PT Biodiversitas Bioteknologi Indonesia. Data residu pestisida dibandingkan dengan data batas maksimum residu (BMR) berdasarkan data BMR *United States Environmental Protection Agency* dan *European Union*.



Gambar 1. Pengambilan sampel tanah

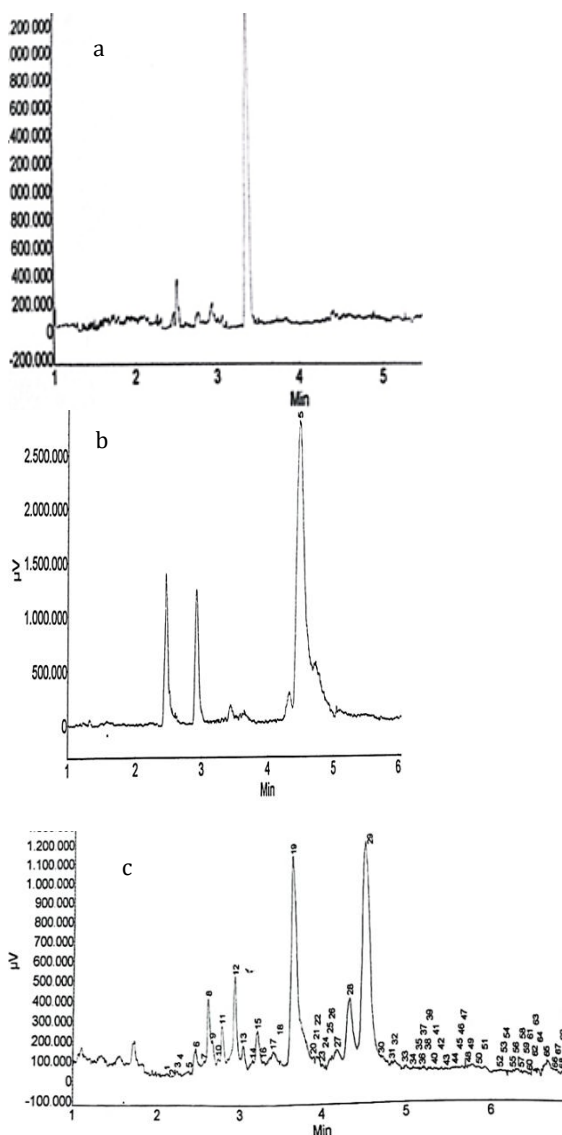


Gambar 2. Bubuk tanah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

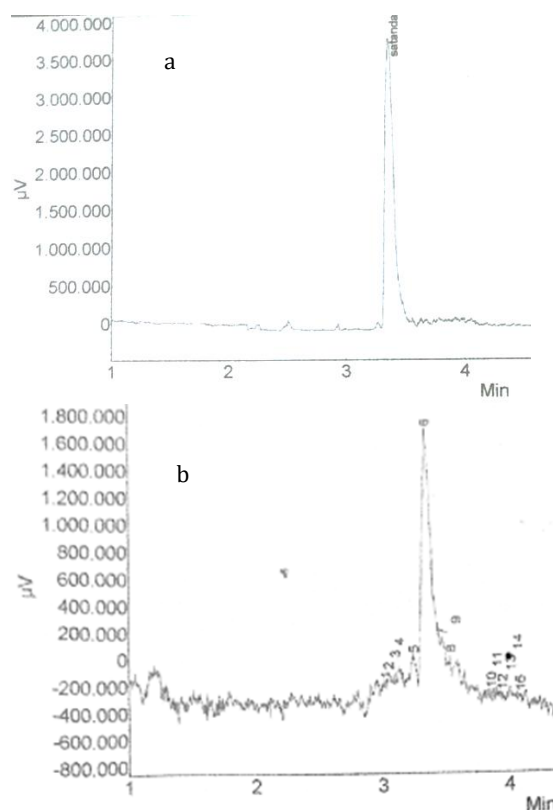
Residu organofosfat adalah senyawa hidrokarbon yang mengandung satu atau lebih atom fosfat, dan fosfat ini memiliki waktu tinggal yang relatif singkat dalam sistem biologis [8]. Banyak pestisida organofosfat menghilang dari tanah dalam beberapa minggu setelah aplikasi. Jika dalam kajian ini ditemukan beberapa jenis residu organofosfat (Gambar 3), maka hal ini menunjukkan bahwa para petani menyemprotkan pestisida organofosfat secara terus-menerus dalam jumlah yang melebihi batas yang direkomendasikan.

Gambar 3 menunjukkan tiga kromatogram, dimana Gambar 3a dan 3b menunjukkan baku standar klorpirifos dan profenofos. Terdapat 1 *peak* yang khas sebagai senyawa klorpirifos yang muncul pada waktu retensi 4,52 menit dan profenofos muncul pada waktu retensi 3,38 menit. Gambar 3c menunjukkan kromatogram sampel tanah pertanian Oelninaat, dimana ditemukan waktu retensi yang serupa dengan waktu retensi *peak* pada kromatogram baku klorpirifos yaitu pada 4,56 menit dan profenofos pada 3,68 menit. Kedua senyawa tersebut menunjukkan kemiripan waktu retensi, yang mengindikasikan bahwa keduanya termasuk dalam kategori senyawa yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah lahan pertanian Oelninaat mengandung residu pestisida klorpirifos dan profenofos.



**Gambar 3.** Kromatogram: a) standar profenofos, b) standar klorpirifos, c) sampel tanah pertanian Oelninaat

Gambar 4 menunjukkan data standar residu malation dan data uji tanah pertanian Lordes. Pada Gambar 4a ditemukan waktu retensi standar malation yaitu 3.35 yang memiliki kemiripan waktu retensi dengan waktu retensi sampel tanah yaitu 3.37. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam sampel tanah lahan pertanian Lordes mengandung residu pestisida malation. Residu pestisida organofosfat ditemukan dalam kedua sampel tanah. Klorpirifos dan profenofos ditemukan dalam tanah lahan pertanian Oelninaat sedangkan malation ditemukan dalam tanah lahan pertanian Lordes (Tabel 1).



**Gambar 4.** Kromatogram: a) standar malation dan b) sampel tanah pertanian Lordes

**Tabel 1.** Konsentrasi Residu Organofosfat (mg/kg)

| Konsentrasi Residu Organofosfat (mg/kg) | Lokasi Sampel |         |                       |
|-----------------------------------------|---------------|---------|-----------------------|
|                                         | On            | Ld      | BMR                   |
| Diazinon                                | < 0.001       | < 0.005 | -                     |
| Metidation                              | < 0.001       | < 0.005 | -                     |
| Klorpirifos                             | 1.817         | < 0.005 | 0.0003 <sup>EU</sup>  |
| profenofos                              | 0.764         | < 0.005 | 0.05 <sup>USEPA</sup> |
| Malation                                | < 0.001       | 0.009   | 0.02 <sup>EU</sup>    |
| Monokrotofos                            | < 0.001       | < 0.005 | -                     |

Keterangan:

On : Lahan pertanian Oelninaat

Ld : Lahan pertanian Lordes

EU : European Union

USEPA : United States Environmental Protection Agency

Distribusi residu pestisida pada konsentrasi yang sangat tinggi berkaitan dengan berbagai faktor, seperti mobilitas, persistensi, dan volatilitas pestisida; serta tingkat fosfor dan nitrogen dalam tanah, kandungan karbon organik, dan pH tanah [7]. Konsentrasi residu klorpirifos (1.817 mg/kg) lebih tinggi dari batas maksimum residu pestisida menurut *European Union* (0.0003 mg/kg) [7] dan *United State* (0.03 mg/kg) [12]. Konsentrasi residu klorpirifos ini lebih tinggi dari hasil penelitian Joko *et al.* [8] pada sampel tanah dari Kecamatan Wanasari, Brebes, Indonesia (0.01-0.06 mg/kg), 0.03±0.01 mg/kg dari hasil penelitian Fosu-Mensah *et al.* [12] pada sampel tanah pertanian kakao di Ghana dan 0.52-0.97 mg/kg yang dilaporkan oleh Mahmud *et al.* [13] pada sampel tanah lahan pertanian Gashua, Nigeria.

Huddleston menyatakan beberapa faktor penyebab kontaminasi pestisida pada tanah, yaitu sifat-sifat tanah, sifat-sifat pestisida, beban hidrolik pada tanah, dan praktik pengelolaan tanaman [8]. Konsentrasi residu pestisida profenofos dalam sampel tanah (0.764 mg/kg) lebih tinggi dari batas maksimum residu pestisida menurut *European Union* dan *United State* (0.05 mg/kg) [7][12]. Konsentrasi residu profenofos ini lebih rendah dari hasil penelitian Harnpicharnchai *et al.* [14] pada tanah lahan pertanian sayur Bueng Niam, Thailand (41.808 mg/kg) dan Awe *et al.* [7] pada sampel tanah perkebunan pisang (8.28 mg/kg) dan kakao (6.93 mg/kg) di Osun, Nigeria, tetapi lebih tinggi dari hasil penelitian Fosu-Mensah *et al.* [12] pada sampel tanah pertanian kakao di Dormaa West, Ghana (0.03±0.01 mg/kg).

Konsentrasi residu malation (0.009 mg/kg) berada di bawah batas maksimum residu pestisida dalam tanah menurut *European Union* (0.02 mg/kg) [7]. Konsentrasi residu malation ini lebih rendah dari hasil penelitian Awe *et al.* pada sampel tanah perkebunan pisang (14.6 mg/kg) dan kakao (16.15 mg/kg) di Osun, Nigeria [7]. Hal ini mungkin disebabkan oleh geologi dan tingkat pencemaran tanah oleh pestisida.

Terdeteksinya pestisida organofosfat dalam tanah lahan pertanian ini menunjukkan bahwa petani pada daerah kajian menggunakan pestisida organofosfat dalam jumlah yang signifikan. Pestisida ini masuk melalui penyebaran penyemprotan, pembuangan sisa larutan semprot, air cucian alat semprot dan wadah bekas pestisida yang tidak tepat.

Pestisida sebenarnya memberikan manfaat dalam melindungi produksi pertanian,

namun penggunaan yang tidak tepat dapat menjadi ancaman serius bagi petani dan sumber utama pencemaran tanah pertanian. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa diperlukan tindakan mendesak, yaitu: (a) meningkatkan kesadaran petani untuk lebih banyak menggunakan pestisida alami daripada buatan, (b) meningkatkan peralatan dan metode penyemprotan yang lebih memadai, (c) meningkatkan kesadaran masyarakat sebagai konsumen untuk lebih berhati-hati mengonsumsi produk pertanian yang mengandung pestisida berlebih, (d) mengganti dengan spesies yang lebih tahan terhadap hama penyakit, dan (e) mereformasi kebijakan pemerintah daerah dengan menerapkan rencana penilaian dampak lingkungan akibat penggunaan pestisida yang berlebihan tanpa memperhatikan dampaknya terhadap tanah, air, udara dan kesehatan manusia [15]. Rekomendasi ini perlu segera ditindaklanjuti.

#### 4. PENUTUP

Hasil kajian menunjukkan bahwa tanah lahan pertanian Oelninaat dan Lordes mengandung residu pestisida klorpirifos dan profenofos, masing-masing sebesar 1.817 mg/kg dan 0.764 mg/kg, yang melebihi batas maksimum residu pestisida dalam tanah sedangkan malation sebesar 0.009 mg/kg lebih rendah dari batas maksimum residu pestisida dalam tanah. Adanya residu pestisida ini menunjukkan pola pertanian yang tidak ramah lingkungan karena residu pestisida akan terakumulasi ke air dan udara serta akan mengganggu kesehatan tanah, air, udara maupun manusia. Terdapat beberapa tindakan rekomendatif yang perlu segera dilakukan untuk mencegah hal tersebut berlanjut.

#### PENGHARGAAN

Terima kasih kepada LPPM Universitas Timor yang telah mendanai kegiatan kajian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Brinco, P. Guedes, M. Gomes, E. P. Mateus, and A. B. Ribeiro, "Analysis of Pesticide Residues in Soil: A review and Comparison of Methodologies," *Microchem. J.*, vol. 195, pp. 1–16, 2023, doi: 10.1016/j.microc.2023.109465.
- [2] F. O. Sefiloglu, U. Tezel, and I. A. Balcioğlu, "Validation of an Analytical Workflow for the Analysis of Pesticide and Emerging Organic Contaminant Residues in Paddy Soil and Rice," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 69, pp. 3298–3306, 2021.

- [3] M. F. Ahmad *et al.*, "Pesticides Impacts on Human Health and The Environment with Their Mechanisms of Action and Possible Countermeasures," *Heliyon*, vol. 10, pp. 2–26, 2024.
- [4] M. Hvězdová, P. Kosubová, M. Košíková, K. E. Scherr, and Z. Šimek, "Currently and Recently Used Pesticides in Central European Arable Soils," *Sci. Total Environ.*, vol. 613–614, pp. 361–370, 2018.
- [5] V. Silva, H. G. J. Mol, P. Zomer, M. Tienstra, C. J. Ritsema, and V. Geissen, "Pesticide Residues in European Agricultural Soils – A hidden Reality Unfolded," *Sci. Total Environ.*, vol. 653, pp. 1532–1545, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.441.
- [6] V. Geissen *et al.*, "Cocktails of Pesticide Residues in Conventional and Organic Farming Systems in Europe – Legacy of The Past and Turning Point for The Future," *Environ. Pollut.*, vol. 278, pp. 2–11, 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.116827.
- [7] Y. T. Awe, A. Y. Sangodoyin, and M. B. Ogundiran, "Assessment of Organophosphate Pesticide Residues in Environmental Media of Araromi Farm Settlement, Osun State, Nigeria," *Environ. Anal. Heal. Toxicol.*, vol. 37, no. 4, pp. 1–14, 2022, doi: 10.5620/eaht.2022035.
- [8] T. Joko, S. Anggoro, H. R. Sunoko, and S. Rachmawati, "Identification of Soil Properties and Organophosphate Residues from Agricultural Land in Wanasari Sub-District, Brebes, Indonesia," in *E3S Web of Conferences*, 2018, pp. 2–5. doi: 10.1051/e3sconf/20183106010.
- [9] A. Vale and M. Lotti, *Organophosphorus and carbamate Insecticide Poisoning*, 1st ed., vol. 131. Elsevier B.V., 2015. doi: 10.1016/B978-0-444-62627-1.00010-X.
- [10] J. Sudarsono, S. S. Rahardjo, and K. Kisrini, "Organophosphate Pesticide Residue in Fruits and Vegetables," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 14, no. 2, pp. 172–177, 2018, doi: 10.15294/kemas.v14i2.11889.
- [11] O. T. Ore, A. O. Adeola, A. A. Bayode, D. T. Adedipe, and P. N. Nomngongo, "Organophosphate Pesticide Residues in Environmental and Biological Matrices: Occurrence, Distribution and Potential Remedial Approaches," *Environ. Chem. Ecotoxicol.*, vol. 5, pp. 9–23, 2023, doi: 10.1016/j.enceco.2022.10.004.
- [12] B. Y. Fosu-Mensah, E. D. Okoffo, G. Darko, and C. Gordon, "Organophosphorus Pesticide Residues in Soils and Drinking Water Sources from Cocoa Producing Areas in Ghana," *Environ. Syst. Res.*, vol. 5, no. 10, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1186/s40068-016-0063-4.
- [13] M. M. J. C. Akan, Z. Mohammed, and N. Battah, "Residues of Organochlorine Pesticides in Watermelon ( *Citrus lanatus* ) and Soil Samples from Gashua , Bade Local Government Area Yobe State , Nigeria," *J. Environ. Pollut. Hum. Heal.*, vol. 3, no. 3, pp. 52–61, 2015, doi: 10.12691/jephh-3-3-1.
- [14] K. Harnpicharnchai, N. Chaiear, and L. Charerntanyarak, "Residues of organophosphate pesticides used in vegetable cultivation in ambient air, surface water and soil in Bueng Niam subdistrict, Khon Kaen, Thailand," *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*, vol. 44, no. 6, pp. 1088–1097, 2013.
- [15] M. Pirsaeheb, M. Nouri, H. Karimi, Y. T. Mustafa, H. Hossini, and Z. Naderi, "Occurrence of Residual Organophosphorus Pesticides in soil of some Asian countries, Australia and Nigeria," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 737, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/737/1/012175.

*Ruang kosong ini untuk menggenapi jumlah halaman sehingga jika dicetak dalam bentuk buku, setiap judul baru akan menempati halaman sisi kanan buku.*