

Penentuan Residu Pestisida Klorpirifos dan Karbofuran pada Sayuran Di Pasar Tradisional Makassar

Muawanah, Nur Qadri Rasyid*, Hasma

Medical Laboratory Technology, Polytechnic of Muhammadiyah Makassar, Makassar

*Corresponding Author: nurqadrirasyid@poltekkesmu.ac.id

Info Artikel: Diterima bulan November 2023 ; Disetujui bulan Desember 2024 ; Publikasi bulan Desember 2024

ABSTRACT

Pesticides play a crucial role in maintaining high productivity in the agricultural industry, thus they are considered a vital component of modern agriculture. Currently, widespread pesticide use for pest control dominates agricultural production systems. However, despite their numerous benefits, pesticides are regarded as substances that can have adverse effects on both humans and the environment. Consequently, reliance on pesticides has become difficult to sustain. Environmental stability, pesticide bioaccumulation, and toxicity have placed human bodies at potential risk of diseases and poisoning. Various human health issues are associated with pesticides, ranging from short-term effects like headaches and nausea to chronic impacts such as various types of cancer, birth defects, infertility, and endocrine disorders. The objective of this research is to determine pesticide residues in food vegetable using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) methodology. This study involved analyzing pesticide residues in 16 different vegetable samples obtained from the traditional markets of Makassar City. A multi-residue analysis method was developed to detect two types of pesticides, namely, chlorpyrifos and carbofuran, using GC-MS. The test results indicated that all 16 vegetable samples (100%) did not contain any residues of chlorpyrifos and carbofuran, as per the comparison of retention times and standard molecular weights. From the results of this research it can be seen that the samples analyzed did not contain monitored pesticide residues that exceeded the maximum acceptable residue limits.

Keyword: Vegetable, Residue, Pesticide, GC-MS

ABSTRAK

Pestisida memainkan peran penting dalam pemeliharaan produktivitas tinggi dalam industri pertanian, oleh karena itu dianggap sebagai komponen utama pertanian modern. Saat ini, penggunaan pestisida secara luas untuk mengendalikan hama mendominasi dalam sistem produksi pertanian. Namun, meskipun banyak manfaatnya, pestisida dianggap sebagai zat yang dapat berdampak buruk bagi manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, ketergantungan pada pestisida menjadi sulit dipertahankan. Stabilitas lingkungan, bioakumulasi dan toksisitas pestisida telah menempatkan tubuh manusia pada potensi risiko penyakit dan keracunan. Berbagai masalah kesehatan manusia terkait dengan pestisida, mulai dari dampak jangka pendek seperti sakit kepala dan mual, hingga dampak kronis, seperti berbagai jenis kanker, cacat lahir, infertilitas, dan gangguan endokrin. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan residu pestisida pada sayuran dengan menggunakan metode Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS). Pada penelitian ini dilakukan analisis residu pestisida pada 16 sampel sayuran yang berbeda yang diperoleh dari pasar tradisional Kota Makassar. Metode dalam menganalisis multi residu telah dikembangkan untuk mendeteksi 2 jenis pestisida (klorpirifos dan karbofuran) dengan menggunakan GC-MS. Hasil pengujian menunjukkan sebanyak 16 sampel sayuran (100%) tidak mengandung jenis pestisida klorpirifos dan karbofuran berdasarkan perbandingan waktu retensi dan berat molekul standar. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa sampel yang dianalisis tidak mengandung residu pestisida yang diteliti yang melebihi batas residu maksimum yang diterima.

Kata Kunci : Sayuran, Residu, Pestisida, GC-MS

PENDAHULUAN

Sayuran adalah tanaman hortikultura yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yang merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat sebagai bahan pangan sumber vitamin dan mineral. Sayuran dibudidayakan di seluruh dunia oleh petani komersial besar hingga petani kecil. Di Makassar, budidaya sayuran meningkat dari hari ke hari karena masyarakat semakin sadar akan pola makan sehat. Meskipun pertanian sayuran pada awalnya hanya dilakukan di tingkat rumah tangga, kini telah berpindah dari tingkat rumah tangga ke tingkat lahan komersial. Sayuran merupakan bagian integral dari pola makan sehat yang memiliki kandungan lemak dan kalori yang rendah, tinggi vitamin (A, B1, B6, B9, C, E), mineral, serat pangan, dan fitokimia. Namun, sayuran bisa menjadi penyebab bahaya kesehatan bila terkontaminasi dengan berbagai bahan kimia seperti pestisida. Petani menggunakan pestisida untuk melindungi sayuran dari serangan-serangga, hama dan penyakit. Jika petani tidak menjaga jangka waktu pemanenan, maka residu pestisida akan tetap berada pada sayuran dan menimbulkan kerugian bagi konsumen (Khatun et al., 2023).

Pestisida adalah zat kimia yang biasa digunakan dalam pertanian modern untuk melindungi tanaman dari berbagai hama dan penyakit. Penggunaan pestisida di bidang pertanian berhubungan langsung dengan peningkatan produktivitas pertanian. Sejumlah produk pertanian, terutama sayuran, merupakan komponen penting dalam makanan manusia karena merupakan sumber vitamin dan mineral. Secara umum, sayuran memasok 16% magnesium, 19% zat besi, dan 9% kalori berdasarkan total nilai asupan yang direkomendasikan (2).

Masalah utama dalam penggunaan pestisida adalah sisa residu pestisida yang dapat menyebabkan keracunan makanan pada tingkat tinggi (3). Residu pestisida pada bahan pangan belum diteliti. Pengembangan atau modifikasi metode analisis untuk menganalisis residu pestisida pada buah-buahan tropis sangatlah penting. Metode yang paling banyak diterapkan untuk menentukan residu pestisida adalah kromatografi gas (GC) (cepat,

mudah, murah, efektif dan aman), yang dapat digabungkan dengan detektor spektrometri massa (4). Spektrometri massa tandem kromatografi gas (GC-MS) lebih baik, karena GC-MS memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi untuk menganalisis pestisida dalam jumlah besar dengan sekali injeksi(5). Oleh karena itu, studi baru yang berfokus pada residu pestisida diperlukan untuk menguji sayuran dalam matriks kompleks. Sayuran kaya akan gula, vitamin dan nutrisi lainnya, yang mengganggu ekstraksi selama proses deteksi residu pestisida, dan menyebabkan penurunan efisiensi ekstraksi dan mempengaruhi akurasi analisis. Oleh karena itu, penentuan residu pestisida pada sayuran menjadi sangat penting.

Pestisida setelah diaplikasikan mampu bertahan pada bidang sasaran atau pada lingkungan dalam jangka waktu yang relatif lama maka dikatakan persisten. Berdasarkan persistennya, pestisida dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan, yaitu yang persisten dan yang kurang persisten. Pestisida yang sangat persisten dapat meninggalkan residu sangat lama dan dapat terakumulasi dalam jaringan melalui rantai makanan sebagai contoh adalah organoklorin, seperti dichloro diphenyl trichloretane (DDT), siklodien, heksaklorosikloheksan (HCH) dan endrin. Pestisida yang tergolong kurang persisten efektif terhadap berbagai jenis Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) sasaran tetapi di dalam tanah cepat terdegradasi antara lain adalah kelompok organofosfat, misalnya disulfoton, parathion, diazinon, azodrin, dan 2-gophacide (6). Pestisida secara umum dapat diartikan sebagai bahan kimia beracun yang digunakan untuk mengendalikan jasad pengganggu perusak tanaman yang merugikan kepentingan manusia. Dalam bidang pertanian pestisida telah dirasakan manfaatnya untuk meningkatkan produksi pertanian. Namun, pemakaian ini berujung pada efek samping yang juga meningkat. Sayuran dan buah-buahan merupakan bahan pangan yang proses penanamannya membutuhkan pestisida. Selain petani yang mengaplikasikan pestisida, keracunan pestisida dapat pula dialami oleh masyarakat yang mengonsumsi hasil pertanian termasuk sayuran dan buah-buahan melalui residu pestisida yang terkandung didalamnya. Residu pestisida awalnya masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang sedikit dan lama kelamaan akan terkumpul dalam suatu proses bioakumulasi yang akhirnya akan mengakibatkan keracunan kronik (7). Penyemprotan pestisida organofosfat dalam jumlah yang besar menyebabkan residu pestisida yang serius pada sayuran, dan apabila mengonsumsi sayuran beracun tersebut dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, muntah, sesak nafas, koma, bahkan kematian. Pestisida golongan organofosfat dan karbamat saat ini banyak digunakan sebagai agen pengusir dan pembasmi hama, namun penggunaan yang berlebihan dari kelas ini menyisakan konsentrasi besar pada sayuran (8). Dari hasil penelitian sebelumnya tentang analisis kualitatif residupestisida pada bahan pangan dengan menggunakan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) diperoleh hasil bahwa terdapat sampel bahan pangan yang terdeteksi adanya residu pestida didalamnya (9). Oleh karena itu, penentuan residu pestisida pada bahan pangan diperlukan untuk menjaga keamanan pangan yang ada di kota Makassar.

MATERI DAN METODE

Desain, Tempat dan Waktu

Metode penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan desain penelitian observasional deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023. Lokasi penelitian untuk pengambilan sampel sayur di pasar tradisional Kota Makassar, dan lokasi untuk pemeriksaan sampel sayuran dengan GC-MS adalah di Laboratorium Terpadu UIN Alauddin.

Pengumpulan Sampel

Sebanyak 16 sampel berbagai jenis sayuran segar dikumpulkan antara Agustus-September 2023. Sampel sayuran sebanyak 16 sampel (kangkung, wortel, tomat, kemangi, kubis, kembang kol, terong, sawi hijau, sawi putih, kentang, brokoli, bayam, kacang panjang, mentimun, bawang merah, cabai merah). Sampel sayuran dikumpulkan dari pasar tradisional Kota Makassar dengan kriteria sayuran tidak layu, warna sayuran sama seperti warna aslinya, sayuran tidak keriput, tekstur yang relatif keras dan tidak berbau dan mengumpulkan sayuran di pagi hari.

Ekstraksi Sampel

Masing-masing sayuran sebanyak 200 g dicincang, dan sejumlah kecil 20 g kemudian dimaserasi dengan 50 mL etil asetat, heksana, dan aseton (3:1:1). Natrium hidrogen karbonat 5,0 g dan natrium sulfat anhidrat 20,0 g ditambahkan untuk menghilangkan air. Selanjutnya ditambahkan 1 g acidified activated carbon untuk menghilangkan pigmen tanaman yang larut. Campuran selanjutnya dimaserasi selama 24 jam.

Sampel kemudian disentrifugasi selama 10 menit pada 3000 rpm, dan supernatan dipindahkan ke labu ukur yang bersih untuk pengukuran volume. Ekstrak selanjutnya dipekatkan hingga kurang dari 5 mL menggunakan alat rotavapor dengan penangas air pada suhu 45 °C. Proses ekstraksi dilanjutkan dengan tahap pembersihan menggunakan kromatografi kolom dengan kolom yang dikemas dengan untuk menghilangkan komponen sisa yang dapat mengganggu analisis kromatografi gas spektrofotometri massa (GC-MS)

Preparasi Standar

Larutan standar digunakan pestisida Furadan 3GR dengan bahan aktif karbofuran dan pestisida chlormite 505 dengan bahan aktif klorpirifos. bahan dari setiap jenis pestisida disiapkan pada konsentrasi 1000 mg/L dalam asetonitril yang mengandung 0,1% asam asetat (v/v). Fungsi penambahan asam asetat untuk meningkatkan stabilitas analit dalam asetonitril ketika menggunakan metode multiresidu untuk penentuan kadar pestisida (10).

Gas Chromatography-Mass spectrometry (GC-MS)

GC dengan detektor MS (Thermo Scientific TSQ-9000) dilengkapi dengan injektor split/splitless dengan kontrol tekanan elektronik. suhu oven yang digunakan menjadi 45 °C. Suhu dinaikkan menjadi 130 °C dan ditahan selama 2 menit. Suhu selanjutnya ditingkatkan menjadi 180 °C, 240 °C dan akhirnya menjadi 320 °C. Suhu injektor, saluran transfer MS, dan pemanas MS dipertahankan pada 300 °C. Laju aliran gas pembawa (helium, 99,999%) diatur pada tekanan konstan sebesar 80 pound-force per inci persegi. MS dioperasikan dalam mode ionisasi elektron dengan suhu garis transfer 300 °C dan suhu sumber ion 250 °C. Kromatogram ditampilkan dalam mode kromatogram ion total dan tiga kromatogram ion fragmen digunakan untuk identifikasi senyawa, dan waktu retensi digunakan untuk konfirmasi.

HASIL

Pemeriksaan residu pestisida pada Sayuran dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Gas-Spektrofotometri Massa (GC-MS).

Persiapan Sampel

Persiapan sampel dilakukan untuk mengekstrak pestisida yang terdapat dalam bahan pangan dengan cara mencampurkan pelarut dengan polaritas yang berbeda, baik polar maupun nonpolar. etil asetat merupakan pelarut yang paling umum digunakan untuk ekstraksi pestisida polar hingga sangat polar yang menunjukkan bahwa pelarut memiliki sifat serupa dengan pestisida. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, etil asetat dipilih untuk meminimalkan penggunaan pelarut terklorinasi.

Dalam analisis pestisida pada bahan pangan menggunakan GC, sering dijumpai gangguan dan kontaminasi akibat pigmen tanaman dan matriksnya. Karbon aktif sering digunakan karena murah dan kuat menyerap banyak senyawa organik. Dalam penelitian ini, digunakan arang aktif yang telah diasamkan untuk menghilangkan pigmen terlarut yang dapat mengganggu analisis kromatografi (10), Sampel kemudian disentrifugasi selama 5 menit pada 3000 rpm, dan supernatan dipindahkan ke silinder ukur yang bersih untuk pengukuran volume. Ekstrak organik dipekatkan hingga kurang dari 5 mL menggunakan evaporator putar vakum pada 250 mbar dengan penangas air pada suhu 45 C.

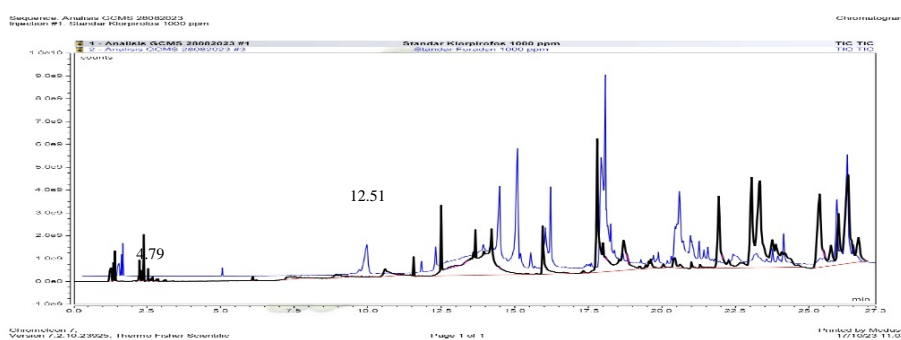
Deteksi dan Estimasi Kadar Residu Pestisida dalam Bahan Pangan

Residu pestisida yang ada dalam sampel bahan pangan diidentifikasi dan diukur dengan mengacu pada relatif area dari kromatogram (11). Hasil pemeriksaan residu pestisida pada bahan pangan dapat dilihat pada tabel 1. Hasil yang diperoleh pada 16 sampel bahan pangan tidak ditemukan adanya residu pestisida jenis karbofuran dan klorpirifos.

Tabel 1 Data Hasil GC-MS pada bahan pangan

| No. | Bahan Pangan | Deteksi Sampel | Gugus fungsi | Jenis Pestisida | Waktu Retensi | Berat Molekul | Hasil |
|-----|--------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------|
| 1. | Kangkung | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 2. | Wortel | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 3. | Tomat | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 4. | Kemangi | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 5. | Kubis | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 6. | Kembang Kol | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 7. | Terong | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 8. | Sawi Hijau | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 9. | Sawi Putih | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |

| No. | Bahan Pangan | Deteksi Sampel | Gugus fungsi | Jenis Pestisida | Waktu Retensi | Berat Molekul | Hasil |
|-----|----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------|
| 10. | Kentang | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 11. | Brokoli | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 12. | Bayam | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 13. | Kacang Panjang | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 14. | Mentimun | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 15. | Bawang Merah | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |
| 16. | Cabai Besar | Karbofuran | Karbamat | I, N | 4.79 | 221 | Negatif |
| | | Klorpirifos | Organofosfat | I, N | 12.51 | 349 | Negatif |



Gambar 1. Kromatogram pestisida dengan bahan aktif menunjukkan (a) waktu retensi karbofuran (4,79) (b) waktu retensi klorpirifos (12.51)

PEMBAHASAN

Residu pestisida merupakan hasil kontaminasi pestisida terhadap produk tanaman yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Residu pestisida tidak hanya menempel pada tanaman hasil pertanian, tetapi dapat diserap oleh akar dan batang dari tanah sehingga dapat terakumulasi dalam tanaman. Residu pestisida dapat memberikan efek jangka panjang terhadap kesehatan konsumen, diantaranya adalah gangguan syaraf dan metabolisme enzim. Kekhawatiran tentang potensi risiko kesehatan dengan residu pestisida dalam makanan, khususnya pada sayuran yang umum dikonsumsi seperti kentang, kangkung, dan tomat. Gejala keracunan akut, seperti mual dan muntah, serta efek neurologis, merupakan dampak dari paparan dosis tinggi terhadap residu pestisida dalam makanan. Beberapa penyakit kronis telah dikaitkan dengan paparan pestisida jangka panjang, termasuk kanker, gangguan hormon, dan disfungsi reproduksi(4).

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kadar residu pestisida klorpirifos dan karbofuran pada berbagai sayuran yang biasa dikonsumsi di Kota Makassar dengan metode Kromatografi Gas-Spektrofotometri-Massa (GC-MS). Pestisida klorpirifos merupakan salah satu golongan organofosfat yang bersifat sangat toksik, tidak stabil, non persisten sehingga pestisida ini menggantikan pestisida organoklorin. Sedangkan pestisida karbofuran termasuk salah satu golongan pestisida karbamat yang merupakan ester asam N-metilkarbamat. Golongan pestisida ini bersifat mudah terurai di lingkungan dan tidak terakumulasi oleh jaringan lemak hewan. Kedua jenis pestisida ini merupakan pestisida yang paling beracun dan penggunaannya juga dibatasi.

Mekanisme kerja pestisida golongan organofosfat dan karbamat pada tubuh yaitu pestisida yang masuk ke dalam tubuh akan mengikat enzim kolinesterase dan menghambat penyaluran impuls syaraf sehingga tidak terjadi hidrolisis asetilkolin. Hambatan ini bersifat reversibel dapat disebabkan oleh turunan ester asam fosfat yang dapat merusak kolinesterase.

Metode GC-MS yang telah tervalidasi berhasil diterapkan pada 16 sampel sayuran secara *real time* untuk mengetahui jumlah residu pestisida karbofuran dan klorpirifos. Sebanyak 16 bahan sayuran yang dikonsumsi masyarakat setempat (sayur kangkung, wortel, tomat, kemangi, kubis, kembang kol, terong, sawi hijau, sawi putih, kentang, brokoli, bayam, kacang panjang, mentimun, bawang merah dan cabai merah besar) dari beberapa pasar tradisional di kota Makassar yang dipilih secara acak.

Metode GC-MS merupakan metode analisis dipilih untuk multiresidu pestisida pada produk pertanian karena Kromatografi gas memiliki kelebihan diantaranya teknik analisis yang tepat dan cepat yang dapat menghasilkan batas deteksi yang lebih rendah, akurat dengan resolusi yang meningkat, serta dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif senyawa dalam suatu campuran (12)

Berdasarkan hasil analisis residu pestisida klorpirifos dan karbofuran dari 16 sampel sayur dengan menggunakan Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (GCMS), didapatkan hasil negatif berdasarkan waktu retensi dari standar pestisida karbofuran 4,79 dan klorpirifos 12,51 seperti disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Hasil pada tabel 1. menunjukkan bahwa penentuan residu pestisida pada sampel bahan pangan 100% tidak terdeteksi adanya residu pestisida jenis karbofuran dan klorpirifos. Tidak ada pestisida yang terdeteksi pada sampel wortel, kemangi, tomat, kubis, kembang kol, terong, kacang panjang berdasarkan waktu retensi pada GC-MS. Penentuan pestisida pada kubis yang dilakukan (13) juga menunjukkan tidak adanya pestisida. Karbofuran dan klorpirifos tidak ditemukan dalam sampel bahan pangan. Menurut (14) terdapat penurunan kadar residu klorpirifos 84% pada pencucian air bersih dan 90% pada pencelupan air panas. Residu pestisida tidak terdeteksi disebabkan karena pencuci, perebus, dan terutama mengupas, telah terbukti mengurangi residu pestisida pada buah dan sayuran (14).

Konsumsi produk makanan yang terkontaminasi pestisida secara terus-menerus meskipun kontaminasi pestisida dalam jumlah sedang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dalam jangka panjang. Pestisida dapat terakumulasi dalam jaringan organisme karena tidak larut dalam air sehingga mudah diekskresikan dari dalam tubuh. Penggunaan pestisida yang berlebihan dapat berdampak bagi kesehatan pada petani dan konsumen yaitu berupa mual-mual, muntah, pusing, gatal-gatal pada kulit (16).

Penelitian saat ini menunjukkan bahwa sampel sayuran yang diperoleh dari pasar tradisional Kota Makassar tidak terkontaminasi pestisida jenis karbofuran dan klorpirifos yang menunjukkan bahwa pestisida tersebut tidak digunakan secara sembarangan. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sharififard (2024), yang menilai indeks risiko dan toksisitas kumulatif residu pestisida pada sayuran yang dikumpulkan dari pasar utama. Dalam kedua studi, ditetapkan bahwa tidak ada pestisida yang terdeteksi pada sayuran, kecuali oksidemeton-metil dalam sampel tomat, yang menunjukkan bahwa pestisida tersebut tidak menimbulkan risiko signifikan terhadap kesehatan manusia jika dipertimbangkan secara individual. Penggunaan pestisida secara berlebihan di pertanian, khususnya dalam produksi sayuran, merupakan masalah serius pada beberapa hama yang kompleks, petani hanya mengandalkan pestisida untuk mengatasi masalah hama karena kurangnya metode alternatif pengendalian hama. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk menentukan jenis residu pestisida lain dalam sayuran.

KESIMPULAN

Metode ekstraksi dikembangkan untuk deteksi cepat dua jenis pestisida dalam sampel sayuran dengan GC-MS. Tidak terdapatnya residu pestisida karbofuran dan klorpirifos pada 16 sampel berdasarkan perbandingan waktu retensi dan berat molekul standar. Hal ini menunjukkan bahwa pestisida tersebut digunakan dengan baik.

ACKNOWLEDGMENTS

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi yang telah mendanai penelitian ini melalui program hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) dan ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Direktur Politeknik Muhammadiyah Makassar melalui Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas fasilitas yang diberikan sehingga penelitian dan karya tulis kami bisa diselesaikan tepat pada waktu.

REFERENCES

1. Khatun P, Islam A, Sachi S, Islam MZ, Islam P. Pesticides in vegetable production in Bangladesh: A systemic review of contamination levels and associated health risks in the last decade. Vol. 11, Toxicology Reports. Elsevier Inc.; 2023. p. 199–211.
2. Latif Y, Sherazi STH, Bhangar MI. Assessment of pesticide residues in commonly used vegetables in Hyderabad, Pakistan. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2011 Nov;74(8):2299–303.
3. Toptancı İ, Kiralan M, Ramadan MF. Levels of pesticide residues in fruits and vegetables in the Turkish domestic markets. *Environmental Science and Pollution Research.* 2021 Aug 1;28(29):39451–7.

4. Zheng K, Lin R, Liu X, Wu X, Chen R, Yang M. Multiresidue Pesticide Analysis in Tea Using GC-MS/MS to Determine 12 Pesticide Residues (GB 2763-2021). *Molecules*. 2022 Dec 1;27(23).
5. Hotmian E, Suoth E, Tallei T. GC-MS (GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY) ANALYSIS OF NUT GRASS TUBER (*Cyperus rotundus* L.) METHANOLIC EXTRACT ANALISIS GC-MS (GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY) EKSTRAK METANOL DARI UMBI RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus* L.).
6. Amilia E, Joy B, Sunardi dan, Raya Bandung-Sumedang Km J. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Jurnal Agrikultura*. 2016;27(1):23-9.
7. Lin JM, Liu LB, Liu Y. Determination of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables by Using GC-MS and LC-MS. In: *Handbook of Pesticides*. CRC Press; 2009. p. 497-523.
8. Yu M, Li X, Li Y, Liu L, Wang L, Song L, et al. Organophosphate Esters in Children and Adolescents in Liuzhou City, China: Concentrations, Exposure Assessment and Predictors. 2021; Available from: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-958515/v1>
9. Muawanah_Qadri Rasyid N. ANALISIS KUALITATIF RESIDU PESTISIDA PADA BAHAN PANGAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE KROMATOGRAFI LAPIS TIPIS (KLT). Available from: <https://doi.org/10.53861/lontarariset.v2i2>
10. Alamgir Zaman Chowdhury M, Fakhruddin ANM, Nazrul Islam M, Moniruzzaman M, Gan SH, Khorshed Alam M. Detection of the residues of nineteen pesticides in fresh vegetable samples using gas chromatography-mass spectrometry. *Food Control*. 2013;34(2):457-65.
11. Paranthaman R, Sudha A, Kumaravel S. under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 3.0 license Determination of Pesticide Residues in Banana by Using High Performance Liquid Chromatography and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Am J Biochem Biotechnol*. 2012;8(1):1-6.
12. Lin JM, Liu LB, Liu Y. Determination of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables by Using GC-MS and LC-MS. In: *Handbook of Pesticides*. CRC Press; 2009. p. 497-523.
13. Hadian Z, Eslamizad S, Yazdanpanah H. Pesticide Residues Analysis in Iranian Fruits and Vegetables by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Vol. 18, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2019.
14. Kasim KP. Analisis Kadar Residu Pestisida klorpirifos. *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*. 2016;XI(2).
15. Shuja A, Shafi H, Abid AI, Iqbal MM, Khatak MS. Determination of Pesticide Residues Using QuEChERS Extraction with Inert GC-MSD Analytical Technique and Application on Seasonal Fruits and Vegetables in Pakistan. *OAlib*. 2022;09(03):1-13.
16. Amilia E, Joy B, Sunardi dan, Raya Bandung-Sumedang Km J. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Jurnal Agrikultura*. 2016;27(1):23-9.