



Original Article

Residu emamektin benzoat dan propineb pada sawi putih: Efek interval pra-panen, pengetahuan, dan sikap petani

Emamectin benzoate and propineb residues in Chinese cabbage: Effects of pre-harvest interval, farmers' knowledge, and attitudes

Wesi Febrianti¹*, Dadang², Ruly Anwar²

¹Program Studi Pengendalian Hama Terpadu, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia, ²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Penulis korespondensi:

Wesi Febrianti
(wfb.0200@gmail.com)

Diterima:

26 November 2025

Revisi:

25 Mei 2026

Disetujui:

31 Juli 2026

Sitasi:
Febrianti W, Dadang, Anwar R. 2026. Residu emamektin benzoat dan propineb pada sawi putih: Efek interval pra-panen, pengetahuan, dan sikap petani. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 23(2):115–124. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.23.2.115>

ABSTRAK

Sawi putih (*Brassica rapa*) merupakan salah satu sayuran hortikultura penting dengan nilai ekonomi dan gizi tinggi yang banyak dikonsumsi masyarakat. Namun, intensitas penggunaan pestisida sintetis dalam budidayanya berpotensi meninggalkan residu yang dapat membahayakan kesehatan apabila melebihi ambang batas yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan mempelajari konsentrasi residu bahan aktif emamektin benzoat dan propineb pada tanaman sawi putih berdasarkan perbedaan waktu aplikasi terakhir dan mengidentifikasi tingkat pengetahuan dan sikap petani terhadap penggunaan pestisida. Penelitian dibagi dua kegiatan, yaitu survei dan pengujian lapangan. Survei yang melibatkan 40 petani dilakukan di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Pengujian lapangan disusun dengan rancangan acak kelompok yang terdiri atas 6 perlakuan kombinasi insektisida bahan aktif emamektin benzoat 30 g/l dan fungisida bahan aktif propineb 70% dengan interval aplikasi 3, 7, dan 14 hari sebelum panen serta kontrol yang masing-masing diulang tiga kali. Analisis residu dilakukan menggunakan kromatografi cair. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar residu propineb menurun dari 0,0105 mg/kg pada 3 hari sebelum panen (HSP) menjadi 0,0035 mg/kg pada 7 HSP, dan tidak terdeteksi pada 14 HSP. Sementara, residu emamektin benzoat berkisar 0,0065–0,0075 mg/kg yang menunjukkan seluruhnya berada di bawah batas maksimum residu (BMR) menurut SNI. Pengetahuan petani tergolong sedang, sedangkan sikap sebagian besar petani tergolong kurang baik sehingga diperlukan peningkatan edukasi mengenai penggunaan pestisida yang tepat dan kepatuhan terhadap interval waktu sebelum panen. Semakin panjang interval pra-panen, semakin rendah residu yang berada pada tanaman. Hasil ini menunjukkan pentingnya penerapan interval aplikasi pestisida terakhir dengan waktu panen untuk menjamin keamanan produk dan mendukung praktik pertanian yang baik.

Kata kunci: BMR, hortikultura, interval pra-panen, kromatografi cair, residu pestisida

ABSTRACT

Chinese cabbage (*Brassica rapa*) is an important horticultural vegetable with high nutritional and economic value and is widely consumed by the community. However, the intensive use of synthetic pesticides in its cultivation may leave chemical residues that can pose health risks if they exceed the permitted maximum residue limits (MRLs). This study aimed to evaluate the concentration of emamectin benzoate and propineb residues in Chinese cabbage based on different pre-harvest application intervals and to identify farmers' levels of knowledge and attitudes toward pesticide use. The research consisted of two activities: a survey and a field experiment. The survey involved 40 farmers and was conducted in X Koto Subdistrict, Tanah Datar Regency, West Sumatra. The field experiment was arranged in a randomized complete block design consisting of seven treatments combining an insecticide with emamectin benzoate (30 g/l) and a fungicide with propineb (70%), applied at intervals of 3, 7, and 14 days before harvest, including a control, with three replications. Residue analysis was performed using liquid chromatography. The results showed that propineb

residue levels decreased from 0.0105 mg/kg at 3 days before harvest to 0.0035 mg/kg at 7 days before harvest and were undetectable at 14 days before harvest. Meanwhile, emamectin benzoate residues ranged from 0.0065 to 0.0075 mg/kg, all of which were below the Indonesian maximum residue limits. Farmers knowledge was generally moderate, while most farmers had poor attitudes toward pesticide use, highlighting the need for better education on proper pesticide use and compliance with the pre-harvest interval. Longer pre-harvest intervals resulted in lower pesticide residue levels in the plants. These findings emphasize the importance of applying appropriate pre-harvest intervals to ensure food safety and support good agricultural practices.

Key words: horticultural crop, liquid chromatography, MRL, pesticide residue, pre-harvest interval

PENDAHULUAN

Sawi putih (*Brassica rapa*) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting dengan nilai ekonomi dan gizi tinggi yang berperan dalam ketahanan pangan nasional. Produksi nasional mencapai 686.876 ton pada tahun 2023, dengan kontribusi signifikan dari Provinsi Jawa Barat dan Sumatera Barat (BPS 2023). Namun, intensitas serangan hama dan penyakit pada tanaman ini mendorong petani untuk menggunakan pestisida sintesis sebagai upaya pengendalian yang cepat dan efektif (Suriyo et al. 2023). Penggunaan pestisida yang tidak sesuai anjuran, seperti penggunaan dosis berlebihan atau aplikasi terlalu dekat dengan waktu panen, dapat meninggalkan residu berbahaya pada hasil panen dan lingkungan (Suluh et al. 2021).

Residu pestisida berpotensi mengganggu kesehatan manusia melalui paparan jangka panjang dan menyebabkan kerusakan ekosistem, termasuk pada organisme non-target di tanah dan air (Fitriadi et al. 2016). Keamanan konsumsi pangan bergantung pada kadar residu pestisida yang berada di bawah BMR, tetapi pada kenyataannya residu tersebut masih ditemukan pada sayuran dan terkadang melampaui batas yang diizinkan (Monitria & Indirawati 2021). Data nasional menunjukkan bahwa lebih dari 80% sampel sawi di Indonesia mengandung lebih dari satu jenis residu pestisida (CNBC Indonesia 2025), menunjukkan perlunya penelitian terkait dinamika penurunan residu pada tanaman ini.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengetahuan petani tentang bahaya residu belum sepenuhnya diikuti oleh praktik penyemprotan yang bijak, seperti memperhatikan waktu jeda sebelum panen (Niswah 2016). Faktor seperti pendidikan dan akses informasi juga berpengaruh terhadap kemampuan petani dalam menerapkan penggunaan pestisida yang aman (Priyanto et al. 2009; Berg & Jiggins 2007). Pengaturan batas maksimum residu (BMR) yang ditetapkan oleh lembaga nasional maupun internasional menjadi pedoman penting untuk menjamin keamanan

pangan dan meminimalkan dampak lingkungan (Amilia et al. 2016).

Beberapa studi terbaru menyoroti karakteristik kimia dua bahan aktif pestisida yang banyak digunakan pada tanaman hortikultura, yaitu emamektin benzoat dan propineb. Emamektin benzoat bersifat semi-sistemik dengan waktu paruh pendek dan mudah terdegradasi oleh sinar matahari (Li et al. 2021; Deng et al. 2020), sedangkan propineb merupakan fungisida bersifat kontak yang relatif cepat mengalami fotodegradasi (FAO JMPR 2004; Khan et al. 2019). Namun, penelitian mengenai pola penurunan residu kedua bahan aktif tersebut pada sawi putih di Indonesia masih terbatas, khususnya yang terkait dengan perbedaan waktu aplikasi terakhir sebelum panen.

Penelitian ini bertujuan mempelajari konsentrasi residu bahan aktif emamektin benzoat dan propineb pada tanaman sawi putih berdasarkan perbedaan waktu aplikasi terakhir dan hubungannya dengan tingkat pengetahuan dan sikap petani terhadap penggunaan pestisida

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Agustus 2025. Penanaman sawi putih dilaksanakan di Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Kegiatan wawancara sawi putih dilaksanakan di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat, sedangkan analisis residu pestisida dilaksanakan di Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech, Bogor.

Survei petani

Survei dilakukan terhadap 40 petani sawi putih di Kecamatan X Koto menggunakan metode *accidental sampling*. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan kuesioner terstruktur yang mencakup karakteristik sosial-ekonomi, seperti umur, tingkat pendidikan, dan pengalaman bertani,

jenis dan frekuensi penggunaan pestisida, dosis serta waktu aplikasi pestisida, penggunaan alat pelindung diri (APD), penerapan interval pra-panen/*pre-harvest interval* (PHI), serta aspek pengetahuan dan sikap petani terhadap penggunaan pestisida. Setiap item pertanyaan dinilai menggunakan skala Likert tiga kategori: tahu/agak tahu/tidak tahu (pengetahuan), dan setuju/ragu/tidak setuju (sikap), sesuai metode penilaian Usman & Abdi (2012).

Percobaan lapangan

Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan enam perlakuan aplikasi pestisida dan satu perlakuan kontrol, meliputi kombinasi insektisida dan fungisida dengan interval aplikasi terakhir 3, 7, dan 14 hari sebelum panen (HSP) serta kontrol tanpa perlakuan. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 21 unit percobaan. Penyemprotan pestisida dilakukan menggunakan insektisida Emacel 30 EC yang mengandung bahan aktif emamektin benzoat dengan dosis 1,5 ml per liter air serta fungisida Antracol 72 WP yang mengandung bahan aktif propineb dengan dosis 1,5 g per liter air. Aplikasi pestisida dilakukan menggunakan *sprayer* manual berkapasitas 3 liter hingga seluruh permukaan daun tanaman basah merata, sesuai dengan interval aplikasi terakhir, yaitu 3, 7, dan 14 HSP. Bedengan tanaman dibuat berukuran 1 m × 2 m dengan jarak tanam 30–40 cm. Pemupukan dilakukan dua kali, yaitu pada saat tanam dan pada umur 21 hari setelah tanam.

Pengambilan dan analisis sampel

Sampel sawi putih diambil secara acak menggunakan pola diagonal dari tiap petak saat panen (50 hari setelah tanam), kemudian dipotong kecil-kecil, dikomposit, dan dihomogenkan. Sebanyak 500 g sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel dan disimpan dalam *cool box* sebelum dibawa ke laboratorium. Pengujian residu emamektin benzoat dan propineb dilakukan di Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech (SIG), Bogor, menggunakan metode terstandar mengacu pada CIPAC (2020). Analisis dilakukan dengan teknik kromatografi, yaitu *gas chromatography* (GC) untuk emamektin benzoat dan *high performance liquid chromatography* (HPLC) untuk propineb. Preparasi sampel di laboratorium dilakukan menggunakan metode *quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe* (QuEChERS) kemudian residu diukur secara kuantitatif. Nilai residu yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan batas maksimum residu (BMR) menurut SNI No.SNI 7313:2024 (BSN 2024).

Prosedur pengujian kadar pestisida

Metode analisis kadar pestisida pada penelitian ini mengacu pada ESPAC Rev 2.1 Tahun 2020 tentang *Multi-Active Method for the Analysis of Active Substances in Formulated Products to Support Quality Control*.

Analisis menggunakan metode GC diawali dengan pembuatan larutan standar kerja pestisida ke dalam labu ukur 10 ml. Sampel kemudian ditimbang atau dipipet sesuai kebutuhan ke dalam labu ukur 100 ml, lalu ditambahkan 70 ml etil asetat. Larutan dihomogenkan dan didiamkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian ditepatkan volumenya menggunakan etil asetat dan dihomogenkan kembali. Larutan yang telah homogen disaring menggunakan *syringe* filter ke dalam vial sebelum diinjeksikan ke sistem GC. Kondisi instrumen GC yang digunakan, yaitu mode injeksi *split* dengan suhu injeksi 250 °C, menggunakan kolom kapiler HP-5MS dan gas pembawa helium. Program oven diatur dengan gradien suhu 65–280 °C serta detektor yang digunakan adalah *flame ionization detector* (FID).

Analisis menggunakan metode HPLC dilakukan dengan terlebih dahulu mendispersikan sampel padatan menggunakan air, kemudian sampel dihaluskan dan dihomogenkan. Selanjutnya ditambahkan 70 ml asetonitril, lalu larutan dihomogenkan dan didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Volume larutan ditepatkan menggunakan asetonitril dan kembali dihomogenkan. Larutan kemudian disaring menggunakan *syringe* filter ke dalam vial sebelum diinjeksikan ke sistem HPLC. Kondisi instrumen HPLC yang digunakan meliputi kolom *reversed phase* C18 dengan fase gerak berupa asam fosfat 0,1% pH 2,0–2,2 sebagai fase A dan asetonitril sebagai fase B. Laju alir diatur sebesar 1,0 ml/menit dengan sistem pompa gradien, volume injeksi 5 µl, suhu kolom 25 °C, dan detektor PDA pada panjang gelombang 220–340 nm.

Perhitungan kadar pestisida dilakukan menggunakan metode kalibrasi standar eksternal dengan membandingkan luas area sampel terhadap luas area standar. Rumus yang digunakan mengacu pada CIPAC (2020) sebagai berikut:

$$\text{Kadar (mg/kg atau mg/l)} = \left(\frac{A_{\text{sampel}}}{A_{\text{standar}}} \right) \times C_{\text{standar}} \times V_a \times F_p / W_{\text{sampel}}$$

A_{sampel} : area puncak sampel uji; A_{standar} : area puncak standar; C_{standar} : konsentrasi standar (mg/l); V_a : volume akhir larutan uji (ml); F_p : faktor pengenceran; W_{sampel} : bobot porsi uji (g).

Selanjutnya, kadar pestisida dalam satuan persen (% b/b atau % b/v) dihitung menggunakan rumus mengacu pada CIPAC (2020) sebagai berikut:

$$\text{Kadar pestisida (\%)} = \frac{\text{Kadar pestisida (mg/kg atau mg/l)}}{10000}$$

Analisis data

Data hasil survei dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik petani dan profil penggunaan pestisida. Hubungan antara variabel pengetahuan dan sikap petani dianalisis menggunakan uji chi-square pada taraf kepercayaan 95% dengan perangkat lunak SPSS Statistics versi 28.0. Data hasil analisis residu pestisida disajikan dalam bentuk rata-rata $\pm$ standar deviasi, kemudian dibandingkan dengan nilai BMR untuk menentukan tingkat keamanan konsumsi.

HASIL

Residu fungisida propineb dan insektisida emamektin benzoat pada tanaman sawi putih

Pengujian residu propineb dan emamektin benzoat pada sawi putih dengan interval penyemprotan 3, 7, dan 14 HSP menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 1). Residu propineb sebesar 0,0105 mg/kg pada PHI 3 hari dan 0,0035 mg/kg pada PHI 7 hari, sedangkan pada PHI 14 hari tidak terdeteksi karena berada di bawah batas deteksi alat (LOD). Dibandingkan dengan BMR propineb sebesar 0,01 mg/kg berdasarkan SNI, residu pada PHI 3 hari sedikit melebihi BMR, sementara pada PHI 7 hari sudah berada di bawah batas tersebut.

Residu emamektin benzoat pada PHI 3, 7, dan 14 hari masing-masing sebesar 0,0075 mg/kg, 0,007 mg/kg, dan 0,0065 mg/kg, dan seluruhnya masih berada di bawah BMR emamektin benzoat sebesar 0,2 mg/kg menurut standar SNI (Tabel 1). Dengan demikian, residu emamektin benzoat pada sawi putih tergolong aman untuk dikonsumsi berdasarkan batas residu yang berlaku.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar residu pestisida tertinggi terdapat pada 3 HSP, menurun pada 7 HSP, dan tidak terdeteksi pada 14 HSP. Semakin panjang interval antara penyemprotan dan panen, semakin rendah kadar residu yang tertinggal, dan seluruhnya masih berada di bawah batas maksimum residu (BMR).

Hubungan pengetahuan dan sikap petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian petani memiliki pengetahuan yang cukup mengenai penyebab terjadinya residu pestisida, yaitu sebesar 57,5%, sedangkan 42,5% lainnya masih tergolong rendah (Tabel 2). Sikap petani terhadap penyebab residu umumnya masih kurang baik dengan persentase 95% dan hanya 5% yang menunjukkan sikap cukup baik (Tabel 3). Berdasarkan hasil analisis hubungan antara

Tabel 1. Residu propineb dan emamektin benzoat pada tanaman sawi putih setelah dilakukan penyemprotan pada hari ke-3, 7, 14 sebelum panen

Table 1. Propineb and emamectin benzoate residues on Chinese cabbage plants after spraying at 3, 7, and 14 days before harvest

Perlakuan (Treatment)*	Bahan aktif (Active ingredient)	Kandungan residu pada interval waktu penyemprotan (Residue concentration at different spraying intervals) (mg/kg)	BMR SNI (mg/kg)**
A3	Propineb	0,0105 $\pm$ 0,00071	0,01
A7	Propineb	0,0035 $\pm$ 0,00071	0,01
A14	Propineb	< 0,001	0,01
B3	Emamektin Benzoat	0,0075 $\pm$ 0,00071	0,2
B7	Emamektin Benzoat	0,007 $\pm$ 0,000	0,2
B14	Emamektin Benzoat	0,0065 $\pm$ 0,00071	0,2

*: A3: perlakuan fungisida dengan interval aplikasi terakhir 3 hari sebelum panen (HSP); A7: perlakuan fungisida dengan interval aplikasi terakhir 7 HSP; A14: perlakuan fungisida dengan interval aplikasi terakhir 14 HSP; B3: perlakuan insektisida dengan interval aplikasi terakhir 3 HSP; B7: perlakuan insektisida dengan interval aplikasi terakhir 7 HSP; B14: perlakuan insektisida dengan interval aplikasi terakhir 14 HSP.

** : Sumber: SNI No. 7313:2024.

(*: A3: fungicide treatment with the last application interval of 3 days before harvest (DBH); A7: fungicide treatment with the last application interval of 7 DBH; A14: fungicide treatment with the last application interval of 14 DBH; B3: insecticide treatment with the last application interval of 3 DBH; B7: insecticide treatment with the last application interval of 7 DBH; B14: insecticide treatment with the last application interval of 14 DBH.

** : Source: SNI No. 7313:2024.)

Tabel 2. Pengetahuan petani terhadap penyebab terjadinya residu

Table 2. Farmers' knowledge regarding to the causes of pesticide residue

Kategori pengetahuan (Knowledge category)	Frekuensi (Frequency)	Presentase (Percentage) (%)
Rendah (Low)	17	42,5
Sedang (Moderate)	23	57,5
Total (Total)	40	100,0

pengetahuan dan sikap, diketahui bahwa petani dengan pengetahuan rendah seluruhnya memiliki sikap kurang baik, sedangkan petani dengan pengetahuan sedang sebagian besar juga bersikap kurang baik (Tabel 4). Berdasarkan hasil uji Chi-square menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan antara pengetahuan dan sikap petani terhadap penyebab terjadinya residu pestisida ($\chi^2 = 2,848$; $P = 0,091$).

Profil pengetahuan petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar

Hasil survei menunjukkan bahwa petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, sebagian besar memiliki pengetahuan yang baik mengenai residu pestisida. Sekitar 80% petani menyadari dampak negatif residu terhadap lingkungan, dan 75% memahami risiko terhadap kesehatan konsumen. Pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan perekat masih rendah (40%), sedangkan kesadaran akan hubungan dosis pestisida dengan residu cukup tinggi (80%) (Gambar 1). Data ini menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan petani tergolong baik pada aspek risiko residu, tetapi perlu peningkatan pemahaman terhadap faktor teknis yang dapat memengaruhi residu.

PEMBAHASAN

Kandungan residu emamektin benzoat pada tanaman sawi putih lebih rendah dibandingkan dengan propineb, yang diduga berkaitan dengan perbedaan sifat kimia, konsentrasi aplikasi, dan mekanisme kerja kedua bahan aktif tersebut. Emamektin benzoat merupakan insektisida semi-sistemik yang bekerja efektif pada konsentrasi rendah serta memiliki waktu paruh relatif singkat di lingkungan. Menurut Zhang et al. (2020), emamektin benzoat mengalami peluruhan cepat pada daun tanaman dengan waktu paruh sekitar 2–5 hari sehingga residu yang tertinggal menjelang panen

menjadi sangat rendah. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Li et al. (2021), yang menyatakan bahwa senyawa ini mudah terurai akibat paparan sinar matahari dan aktivitas mikroba di permukaan tanaman. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses degradasi yang berlangsung cepat menjadi faktor utama rendahnya residu emamektin benzoat pada sawi putih.

Sifat semi-sistemik emamektin memungkinkan sebagian bahan aktif terserap ke dalam jaringan tanaman dan mengalami metabolisme internal. Chen et al. (2020) menjelaskan bahwa tanaman Brassicaceae mampu memetabolisme emamektin menjadi senyawa turunan yang kurang toksik dan sulit terdeteksi pada pengujian residu. Selain itu, faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan turut mempercepat degradasi emamektin benzoat dibandingkan dengan propineb (Wang et al. 2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa emamektin benzoat lebih mudah mengalami fotodegradasi dan biodegradasi, sedangkan propineb yang bersifat kontak cenderung lebih banyak tertahan pada permukaan tanaman sehingga residunya relatif lebih tinggi. Residu propineb yang terdeteksi pada sebagian besar perlakuan masih berada di bawah BMR, tetapi terdapat satu perlakuan dengan residu yang sedikit melebihi BMR berdasarkan SNI No. 7313:2024 (BSN 2024). Dengan demikian, penggunaan emamektin benzoat pada tanaman sawi putih dapat dinyatakan relatif aman apabila diaplikasikan sesuai dosis dan interval pra-panen yang dianjurkan. Selain dipengaruhi oleh karakteristik bahan aktif dan kondisi lingkungan, jumlah residu pestisida pada tanaman sawi putih juga dipengaruhi oleh praktik aplikasi pestisida yang dilakukan petani.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sebagian besar petani melakukan penyemprotan setiap 7 hingga 14 hari dengan dosis yang bervariasi, menggunakan

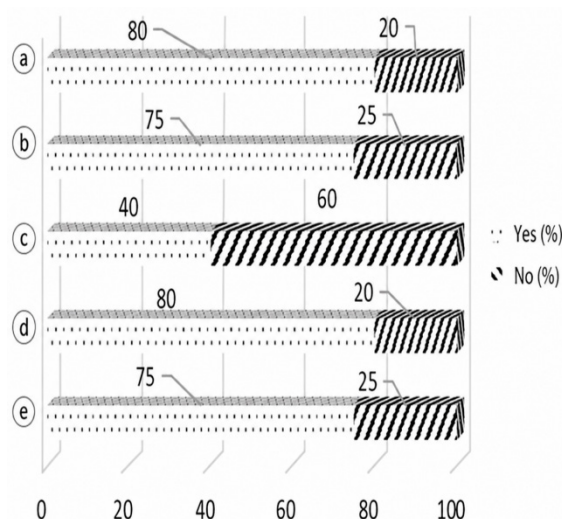
Tabel 3. Sikap petani terhadap penyebab terjadinya residu
Table 3. Farmers' attitudes toward the causes of pesticide residue

Kategori sikap (<i>Attitude category</i>)	Frekuensi (<i>Frequency</i>)	Presentase (<i>Percentage</i>) (%)
Kurang baik (<i>Poor</i>)	38	95
Cukup baik (<i>Fairly good</i>)	2	5
Total (<i>Total</i>)	40	100

Tabel 4. Hubungan antara pengetahuan dan sikap petani tentang penyebab resisdu
Table 4. The relationship between farmers' knowledge and attitudes toward the causes of pesticide residue

Parameter (<i>Parameter</i>)	Kategori (<i>Category</i>)	Sikap petani (<i>Farmer attitude</i>)		Total (<i>Total</i>)
		Kurang baik (<i>Poor</i>)	Cukup baik (<i>Moderate</i>)	
Pengetahuan petani (<i>Farmer knowledge</i>)	Rendah (<i>Low</i>)	23	0	23
	Sedang (<i>Moderate</i>)	15	2	17
Total (<i>Total</i>)		38	2	40

- a. Petani mengetahui dampak residu pestisida terhadap lingkungan.
(Farmers are aware of the environmental impacts of pesticide residues)
- b. Petani mengetahui bahwa sisa pestisida (residu) berbahaya bagi konsumen.
(Farmers are aware that pesticide residues can be harmful to consumers.)
- c. Petani mengetahui bahwa aplikasi pestisida dengan perekat meningkatkan residu.
(Farmers are aware that using pesticide adjuvants can increase pesticide residues.)
- d. Dosis atau konsentrasi pestisida yang digunakan berhubungan dengan residu pestisida.
(Farmers understand that the dose or concentration of pesticides applied is related to pesticide residue levels.)
- e. Petani mengetahui bahwa pestisida dapat bertahan lama pada tanaman.
(Farmers are aware that pesticides can persist on crops for an extended period)



Gambar 1. Profil pengetahuan petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar terhadap pestisida.

Figure 1. Profile of Chinese cabbage farmers' knowledge of pesticides in X Koto Subdistrict, Tanah Datar Regency.

pestisida organofosfat, seperti klorpirifos dan profenofos (Fei-Baffoe et al. 2024). Hasil analisis residu pada sawi putih menunjukkan bahwa bahan aktif ini terkonsentrasi terutama di lapisan tajuk bagian atas, sedangkan lapisan terdalam jarang terdeteksi adanya residu. Meski demikian, semua residu yang terdapat pada sawi putih masih berada di bawah batas maksimum residu (BMR). Temuan ini menekankan pentingnya penerapan pestisida secara bijaksana dan mengikuti interval aplikasi yang direkomendasikan untuk meminimalkan residu pada tanaman sawi putih.

Kemampuan sawi putih dalam menyerap dan menyimpan residu pestisida dipengaruhi oleh karakteristik fisiologis tanaman tersebut. Sawi putih memiliki struktur jaringan yang memungkinkan penyerapan bahan aktif pestisida melalui akar dan translokasi ke bagian tajuk. Faktor-faktor seperti ketersediaan air dan kandungan bahan organik dalam media tanam turut memengaruhi efisiensi penyerapan pestisida oleh tanaman. Selain itu, struktur kimia dari pestisida, termasuk adanya gugus fungsi, seperti asam karboksilat, hidroksil, alkohol, dan amina, turut menentukan kemampuan bahan aktif tersebut untuk terserap ke dalam jaringan tanaman (Sakung 2004).

Residu propineb dan emamektin benzoat terdeteksi pada tanaman sawi putih pada beberapa interval waktu aplikasi. Konsentrasi residu emamektin benzoat berada di bawah BMR yang ditetapkan dalam SNI 7313:2024, sedangkan residu propineb pada interval 3 HSP sedikit melebihi BMR. Tetap perlu diperhatikan karena karakteristik persistensi masing-masing bahan aktif dapat memengaruhi keamanan pangan bagi konsumen. Oleh karena itu, pemilihan jenis pestisida, dosis aplikasi, dan interval waktu penyemprotan menjadi

faktor penting dalam memastikan keamanan produk panen (Dadang 2006).

Menurut Lee et al. (2019), penerapan pestisida sesuai dosis dan interval pra-panen (PHI) yang dianjurkan memungkinkan proses degradasi kimiawi dan biologis, seperti hidrolisis, fotolisis, serta metabolisme tanaman berlangsung optimal sehingga residu pestisida menurun hingga di bawah ambang BMR pada saat panen. FAO/WHO (2021) juga menegaskan bahwa kepatuhan terhadap *good agricultural practices* (GAP) dan PHI merupakan faktor kunci dalam menjamin keamanan pangan karena penggunaan pestisida di luar ketentuan dapat meningkatkan risiko paparan residu pada konsumen. Hal ini sejalan dengan temuan Ssemugabo et al. (2022) yang menyatakan bahwa tingginya residu pada komoditas pertanian sering kali disebabkan oleh kegagalan petani dalam mematuhi interval pra-panen sebelum panen.

Aplikasi pestisida pada interval 3, 7, dan 14 HSP menunjukkan bahwa semakin lama jarak waktu antara penyemprotan dan panen, semakin rendah kandungan residu yang terdeteksi pada tanaman sawi putih (Tabel 1). Berdasarkan hasil pengujian, residu propineb pada 3 dan 7 HSP berturut-turut sebesar 0,0105 mg/kg dan 0,0035 mg/kg, sedangkan pada interval 14 HSP, residu propineb berada di bawah batas deteksi alat (*limit of detection/LoD* < 0,001 mg/kg) sehingga tidak terdeteksi dalam pengujian. Jika dibandingkan dengan BMR propineb sebesar 0,01 mg/kg berdasarkan SNI 7313:2024, residu propineb pada 3 HSP sebesar 0,0105 mg/kg atau 1,05 kali lebih tinggi daripada BMR. Pada 7 HSP, residu propineb sebesar 0,0035 mg/kg atau 2,86 kali lebih rendah daripada BMR, sedangkan pada 14 HSP residu propineb tidak terdeteksi.

Rendahnya residu propineb pada interval panen yang lebih panjang menunjukkan bahwa meskipun propineb dikenal relatif stabil terhadap fotolisis dan memiliki volatilitas rendah sebagaimana dilaporkan Khan et al. (2019), kondisi lingkungan dan perlakuan lapangan pada penelitian ini mempercepat proses degradasinya. Faktor seperti intensitas cahaya, suhu, kelembapan, frekuensi penyiraman serta aktivitas mikroorganisme pendegradasi di tanah dan permukaan tanaman diduga berperan dalam mempercepat peluruhan propineb sehingga residunya tidak terdeteksi pada 14 HSP. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik stabilitas propineb dapat berubah sesuai kondisi agroekosistem, dan interval pra-panen yang lebih panjang tetap menjadi faktor kunci dalam menurunkan residu pada tanaman sawi putih.

Sementara itu, residu emamektin benzoat pada 3, 7 dan 14 HSP berturut-turut sebesar 0,0075 mg/kg, 0,0070 mg/kg, dan 0,0065 mg/kg. Jika dibandingkan dengan BMR emamektin benzoat sebesar 0,2 mg/kg, maka residu emamektin benzoat pada 3 HSP sekitar 26,7 kali lebih rendah dari BMR, pada 7 HSP 28,6 kali lebih rendah dari BMR, dan pada 14 HSP 30,8 kali lebih rendah dari BMR. Fakta tersebut memperkuat bahwa semakin lama jarak antara penyemprotan dan panen maka semakin rendah kandungan residu pestisida yang tersisa pada produk pertanian.

Kandungan residu pestisida yang lebih rendah pada interval 7 dan 14 HSP dibandingkan dengan 3 HSP menunjukkan bahwa semakin dekat waktu penyemprotan dengan waktu panen, semakin tinggi pula kadar residu yang tertinggal pada tanaman. Hal ini karena pestisida belum memiliki cukup waktu untuk mengalami degradasi alami di lingkungan maupun dalam jaringan tanaman. Penelitian Liu et al. (2013) memperlihatkan bahwa aplikasi emamektin benzoat pada tanaman kubis dengan dosis 8,5–17 gram bahan aktif per hektar menghasilkan residu awal sebesar 0,11–0,21 mg/kg yang kemudian menurun drastis hingga di bawah batas deteksi setelah 3–5 hari aplikasi, hal ini menunjukkan bahwa waktu pra-panen yang lebih panjang memungkinkan penurunan kadar residu secara signifikan.

Pemanfaatan pestisida dalam budi daya tanaman untuk memperoleh hasil yang berkualitas tinggi harus tetap memperhitungkan potensi risiko kesehatan akibat residu yang tertinggal pada produk pertanian. Oleh karena itu, penerapan pestisida perlu dilakukan secara tepat dan sesuai dengan prinsip pertanian yang baik. Beberapa aspek penting yang harus diperhatikan meliputi pemilihan jenis pestisida yang sesuai, dosis yang tepat, cara aplikasi yang benar, sasaran yang tepat,

waktu penyemprotan yang tepat, serta lokasi atau tempat aplikasi yang tepat (DPP 2020).

Selain analisis residu pada lokasi budi daya di Cianjur, penelitian ini juga mengevaluasi aspek perilaku petani di Kecamatan X Koto Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Tingkat pengetahuan petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar mengenai penyebab terjadinya residu pestisida tergolong sedang sebesar 57,5%, sedangkan kategori rendah mencapai 42,5% (Tabel 2). Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar petani telah memiliki pemahaman dasar terkait faktor penyebab timbulnya residu pestisida, namun pemahaman tersebut belum sepenuhnya mendalam dan masih memerlukan peningkatan melalui kegiatan penyuluhan maupun pendampingan teknis di lapangan.

Namun demikian, sikap petani terhadap terhadap penyebab residu pestisida tergolong kurang baik, dengan persentase sebesar 95,0%, dan hanya 5,0% petani yang menunjukkan sikap cukup baik (Tabel 3). Temuan ini mengindikasikan bahwa pengetahuan yang dimiliki petani belum sepenuhnya terwujud dalam bentuk sikap yang mendukung pengelolaan pestisida secara aman dan bertanggung jawab.

Hasil analisis hubungan antara pengetahuan dan sikap petani terhadap penyebab residu pestisida terlihat tingkat pengetahuan petani yang masih berada pada kategori sedang dan rendah, hal ini menunjukkan bahwa pemahaman mereka tentang risiko residu pestisida belum sepenuhnya memadai. Temuan ini sejalan dengan laporan Desye et al. (2024) yang menunjukkan bahwa banyak petani di negara berkembang memiliki pemahaman dasar, tetapi belum mampu menerapkan prinsip keselamatan pestisida secara komprehensif. Sikap petani dalam penelitian ini yang sebagian besar kurang baik terutama terkait kepatuhan terhadap dosis, penggunaan perekat, dan penerapan interval pra-panen juga konsisten dengan temuan Shahidullah et al. (2023), yang mengungkapkan bahwa perilaku penggunaan pestisida sering kali tidak mengikuti kaidah pertanian aman meskipun petani telah mengetahui potensi risikonya. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh faktor kebiasaan penggunaan pestisida secara turun-temurun, tekanan untuk mempertahankan hasil produksi, keterbatasan pendampingan teknis, serta rendahnya pengawasan terhadap penerapan praktik penggunaan pestisida yang aman. Selain itu, hasil uji statistik yang menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara pengetahuan dan sikap mendukung penelitian Kangavari et al. (2024), yang menyatakan bahwa peningkatan pengetahuan belum tentu mendorong perubahan perilaku tanpa adanya pendampingan teknis, pelatihan berkelanjutan,

dan dukungan kelembagaan. Oleh karena itu, upaya perbaikan perilaku penggunaan pestisida memerlukan pendekatan yang lebih menyeluruh melalui penyuluhan lapangan, penguatan kompetensi, dan penerapan sistem pengawasan yang konsisten.

Berdasarkan hasil uji Chi-Square pada taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,091 (Tabel 5). Nilai ini lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa pengetahuan tidak berhubungan secara signifikan dengan sikap, mendukung laporan Ssemugabo et al. (2022) bahwa peningkatan pengetahuan saja tidak cukup untuk mengubah perilaku penggunaan pestisida tanpa intervensi pendampingan. Dengan demikian, perbaikan perilaku petani memerlukan pendekatan komprehensif melalui penyuluhan berkelanjutan, fasilitasi adopsi GAP, dan dukungan kelembagaan sebagaimana direkomendasikan oleh FAO/WHO (2021).

Hasil survei pengetahuan petani sawi putih di Kecamatan X Koto Kabupaten Tanah Datar menunjukkan bahwa sebagian besar petani telah memahami berbagai aspek yang berkaitan dengan residu pestisida pada tanaman. Sebanyak 80% petani mengetahui bahwa residu pestisida dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, sedangkan 20% lainnya belum memahami hal tersebut. Sebagian besar petani (75%) juga menyadari bahwa sisa pestisida yang tertinggal pada tanaman berpotensi membahayakan kesehatan konsumen, sementara 25% lainnya belum mengetahui risiko tersebut. Namun, tingkat pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan perekat dalam aplikasi pestisida terhadap peningkatan residu masih tergolong rendah, yaitu hanya 40% petani yang mengetahui hal tersebut, sedangkan 60% lainnya belum mengetahuinya. (Gambar 4)

Selain itu, sebanyak 80% petani memahami bahwa dosis atau konsentrasi pestisida yang digunakan berhubungan erat dengan tingkat residu yang tertinggal pada tanaman, sedangkan 20% lainnya belum menyadari kaitan tersebut. Sementara itu, 75% petani mengetahui bahwa pestisida dapat bertahan lama pada tanaman, dan 25% sisanya belum memiliki pemahaman tentang hal ini (Gambar 4). Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan bahwa tingkat pengetahuan petani sawi putih di Kecamatan X Koto Kabupaten Tanah Datar tergolong cukup baik, terutama dalam hal dampak residu terhadap lingkungan dan konsumen. Namun, masih diperlukan peningkatan pemahaman mengenai faktor-faktor teknis, seperti penggunaan perekat pestisida yang dapat berkontribusi terhadap peningkatan residu pada tanaman.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Gurbuz (2024), yang menyatakan bahwa persepsi

petani terhadap residu pestisida sangat dipengaruhi oleh karakteristik individu dan pola penerapan pestisida. Studi tersebut menunjukkan bahwa faktor-faktor, seperti frekuensi penyemprotan, waktu semprot terakhir sebelum panen, serta kepatuhan terhadap petunjuk produsen merupakan prediktor utama dalam pembentukan persepsi terhadap residu. Selain itu, Sai et al. (2019) melaporkan bahwa meskipun petani mengetahui bahwa penggunaan pestisida berlebihan dapat membahayakan kesehatan, praktik di lapangan seringkali belum mematuhi standar keamanan. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan implementasi praktik di lapangan.

Berdasarkan temuan tersebut, penting untuk memperkuat peran pemerintah daerah dalam mendukung implementasi praktik pertanian yang ramah lingkungan. Pemerintah dapat menyediakan fasilitas dan insentif bagi petani yang menerapkan metode pertanian berkelanjutan, seperti pertanian organik atau penggunaan pestisida nabati. Hal ini tidak hanya akan mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida kimia, tetapi juga meningkatkan kualitas produk pertanian yang dihasilkan. Sebagai contoh, penelitian oleh Suhartini et al. (2017) menunjukkan bahwa penggunaan pestisida nabati dapat menjadi alternatif yang efektif dalam pengendalian hama pada tanaman sawi, yang sejalan dengan prinsip pertanian ramah lingkungan.

Penting untuk meningkatkan kapasitas petani melalui penyuluhan dan pelatihan mengenai pengendalian hama menggunakan pestisida nabati. Pelatihan ini membantu petani memahami cara pembuatan, aplikasi, dan dosis yang tepat agar efektif mengendalikan hama tanpa meninggalkan residu berlebih. Putri et al. (2018) menemukan bahwa penerapan pestisida nabati yang didukung dengan pelatihan intensif dapat meningkatkan pengetahuan petani, mengurangi penggunaan pestisida kimia, dan menjaga kualitas lingkungan pertanian. Dengan demikian, kolaborasi antara dukungan pemerintah dan peningkatan kemampuan petani menjadi kunci dalam mendorong praktik pertanian berkelanjutan secara lebih efektif.

KESIMPULAN

Konsentrasi residu propineb pada PHI 3 hari melebihi BMR, namun pada PHI 7 dan 14 hari berada di bawah BMR. Konsentrasi residu emamektin benzoat berada di bawah nilai BMR pada semua PHI. Tingkat pengetahuan petani mengenai penggunaan pestisida tergolong sedang, sedangkan sikap petani sebagian besar berada dalam kategori kurang baik. Oleh karena itu, diperlukan

peningkatan edukasi dan penyuluhan kepada petani mengenai penggunaan pestisida yang tepat, khususnya terkait kepatuhan terhadap interval waktu aplikasi sebelum panen, untuk mendukung penggunaan pestisida yang lebih aman dan berkelanjutan dalam budi daya sawi putih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada para petani sawi putih di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, yang telah berpartisipasi dalam kegiatan survei dan para petani di Ciherang-Cipanas, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penanaman di lapangan. Penulis mengapresiasi dukungan teknis dari Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech, Bogor, dalam proses analisis residu pestisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Amilia E, Joy B, Sunardi. 2016. Residu pestisida pada tanaman hortikultura (Studi kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Jurnal Agrikultura*. 27:23–29. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v27i1.8473>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik Hortikultura 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2024. *SNI 7313:2024 tentang Batas Maksimum Residu Pestisida pada Hasil Pertanian*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chen Y, Wu Z, He L. 2020. Uptake and metabolism of emamectin benzoate in Brassica vegetables. *Food Chemistry*. 326:126944.
- [CIPAC] Collaborative International Pesticides Analytical Council. 2020. Multi-active method for the analysis of active substances in formulated products to support quality control. ESPAC Rev. 2.1, 5219/R. Brussels: ESPAC.
- CNBC Indonesia. 2025. “12 Buah-Sayuran Mengandung Pestisida Tertinggi, Warga RI Doyan”. *CNBC Indonesia*, 11 Oktober 2025. Available at: <https://www.cnbcindonesia.com/lifestyle/20251011110409-33-674930/12-buah-sayuran-mengandung-pestisida-tertinggi-warga-ri-doyan>. [accessed 25 October 2025].
- Dadang. 2006. Pengenalan pestisida dan teknik aplikasi. In: Workshop hama dan penyakit tanaman jarak (*Jatropha curcas* Linn.): Potensi kerusakan dan teknik pengendaliannya. Bogor: Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi. Lembaga penelitian. Institut Pertanian Bogor.
- Deng L, Chen L, Guan S, Liu J, Liang J, Li X, Li Z. 2020. Dissipation of emamectin benzoate residues in rice and rice-growing environments. *Molecules*. 25:483. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25030483>.
- Desye B, Lakew AM, Fekadu G, Woldesenbet Z, Kindie SH. 2024. Pesticide safe use practice and acute health symptoms, and associated factors among farmers in developing countries. *BMC Public Health*. 24:1–12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20817-x>.
- [DPP] Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2020. Kumpulan Peraturan Pestisida. Direktorat Jenderal Sarana dan Prasarana. Kementerian Pertanian.
- FAO/WHO. 2021. *Pesticide Residues in Food – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fei-Baffoe B, Dankwah KA, Sangber-Dery A, Amuah EEE, Sackey LNA. 2024. Evaluation and implications of organophosphate pesticide residues in cabbage (*Brassica oleracea*). *Heliyon*. 10:e34279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34279>.
- Fitriadi BR, Putri AC. 2016. Metode pengurangan residu pestisida pada hasil pertanian. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 11:61–71. DOI: <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.4950>.
- Gurbuz IB. 2024. Analysis in terms of environmental awareness of farmers' decisions and attitudes: Reducing pesticide use and risks. *Sustainability*. 16:4323. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16114323>.
- Kangavari M, Tabibi SJ, Nasiripour AA, Mahmoudi G. 2024. Understanding determinants related to farmers' protective measures to reduce pesticide exposure. *PLoS ONE*. 19:1–15. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298450>.
- Khan MA, Singh SP, Kaur R. 2019. Persistence and dissipation of propineb residues in vegetables under field conditions. *Pesticide Research Journal*. 31:230–236.
- Lee J, Lee S, Kang S, Kim J, Kim E, Kim JH. 2019. Dissipation kinetics and pre-harvest residue limits of acetamiprid and chlorantraniliprole in kimchi cabbage using ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Molecules*. 24:2825. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24142616>.
- Li H, Xu Y, Zhou L. 2021. Photolytic degradation and environmental fate of emamectin benzoate in agricultural systems. *Environmental Monitoring and Assessment*. 193:321–329.
- Liu X, Sun L, Li Y, Zhang Y, Wang Q. 2013. Dissipation of emamectin benzoate in cabbage and soil under field conditions. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 91:423–427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-013-1050-3>.
- Monitria M, Indirawati SM. 2021. Analisa kadar residu pestisida sebelum dan sesudah pencucian menggunakan *Citrus aurantifolia* pada *Lactuca sativa* L. *JUMANTIK*. 6:185–193. DOI: <https://doi.org/10.30829/jumantik.v6i2.8103>.
- Niswah L. 2016. *Pengetahuan dan Sikap Petani Sayuran di Cipanas Jawa Barat terhadap Residu Pestisida*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Prijanto A, Setiawan B, Wibowo H. 2009. Pengaruh tingkat pendidikan terhadap perilaku penggunaan pestisida pada petani hortikultura. Bogor: Pusat Penelitian Pertanian dan Lingkungan.
- Putri SR, Santoso HB, Rahmawati D. 2018. Pengaruh pelatihan penggunaan pestisida nabati terhadap pengetahuan petani dan kualitas lingkungan pertanian di Jawa Tengah. *Jurnal Agrikultura*. 29:145–156.

- Sai MVS, Revati G. Devi, Ramya R, Swaroop AM, Maheswari E, Kumar, Manoj M. 2019. Knowledge and perception of farmers regarding pesticide usage in a rural farming village, Southern India. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 23:32–36. DOI: https://doi.org/10.4103/ijoem.IJOEM_121_18.
- Sakung J. 2004. Kadar residu pestisida golongan organofosfat pada beberapa jenis sayuran. *Jurnal Ilmiah Santina*. 1:520–525.
- Shahidullah SM, Islam M, Rahman MM. 2023. Knowledge, attitude, and practice of pesticide use by vegetable growers in Bangladesh: A health literacy perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 7:1–12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1199871>.
- Ssemugabo C, Halage AA, Ndejjo R, Mubeezi R, Atusingwize E, Buregyeya E, Kisaakye E, Musoke D, Kansiime C. 2022. Pesticide residue trends in fruits and vegetables from farm to fork in Kampala Metropolitan Area, Uganda A mixed methods study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19:1350. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031350>.
- Suhartini S, Suryadarma IGP, Budiwati B. 2017. Pemanfaatan pestisida nabati pada pengendalian hama *Plutella xylostella* tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) menuju pertanian ramah lingkungan. *Jurnal Sains Dasar*. 6:36–43. DOI: <https://doi.org/10.21831/jsd.v6i1.12998>.
- Suluh DG, Telan AB, Sadukh JJP. 2021. Analisa faktor yang mempengaruhi kandungan pestisida pada hasil pertanian di Wilayah Kabupaten Kupang Tahun 2019. *Journal of Environmental Health Reseach*. 4:1–10.
- Suriyo T, Awami SN, Subekti E, Hastuti D. 2023. Faktor yang mempengaruhi produksi sawi putih (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) di P4S Tranggulasi Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 7:251–260. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2023.007.01.22>.
- Usman R, Abdi. 2012. *Metodologi Penelitian Sosial Ekonomi: Teori dan Aplikasi*. Bandung: Alfabeta.
- van den Berg H, Jiggins J. 2007. Investing in farmers: The impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development*. 35:663–686. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.05.004>.
- Wang Q, Zhao Y, Zhang T. 2018. Environmental behavior of contact and systemic fungicides under tropical conditions. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 37:2640–2649.
- Zhang X, Liu Y, Wang J. 2020. Dissipation dynamics and residue behavior of emamectin benzoate in leafy vegetables. *Journal of Environmental Science and Health. Part B*. 55:347–353.