

Verifikasi Alat Multimeter Digital untuk Deteksi Cepat Residu Insektisida dalam Sayuran

Asep Kurnia, Eman Sulaeman, dan Asep Nugraha Ardiwinata

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 5. Pati

*Alamat korespondensi: asepbalingtan@yahoo.co.id

ABSTRACT

Verification of digital multimeter for rapid detection of insecticide residues on vegetables

The instruments that usually used for detection of pesticide residues are Gas Chromatography (GC), High Performance Liquid Chromatography (HPLC), and Thin Layer Chromatography (TLC), however, these instruments are expensive, take time, and need a large number of chemicals. Therefore, it is needed to develop rapid method in analyzing pesticide residues. One instrument that is potential for rapid detection of pesticide residues is digital multimeter. This method uses resistance differences of electrical current on chemical compounds. The aim of this research was to assess capability of digital multimeter for rapid detection of insecticide residues on vegetables by the aspects of precision, accuracy, linearity, and detection limit. The research was conducted in IAERI laboratory, Laladon, Bogor on January to December 2012. Insecticide residues that detected were organochlorine and organophosphate on some vegetables of potato, cabbage, carrot, onion, chili, and cucumber. The results showed that precision values of digital multimeter for detection organochlorine and organophosphate residues on vegetables were 0.02 to 2.46%. Linearity values of digital multimeter for detection endrin on onion and potato, heptachlor on onion, BHC on cucumber, chlorpyrifos on potato and cabbage, and dichlorvos on cabbage were 0.81, 0.84, 0.95, 0.71, 0.95, 0.80 and 0.76, respectively. Accuracy values of digital multimeter for detecting endrin and dieldrin on onion, chlorpyrifos on potato and cabbage, and profenophos on chili were 106.93%, 115.08%, 72.89%, 72.40%, and 98.06%, respectively. Detection and quantification limits of digital multimeter for detecting organochlorine were 0.08 to 0.17 ppm and 0.27 to 0.56 ppm, respectively. Meanwhile, detection and quantification limits of digital multimeter for detecting organophosphate were 0.05 to 0.27 ppm and 0.16 to 0.90 ppm, respectively. This result showed that digital multimeter was accurate and representative instrument for detecting pesticide residues on vegetables.

Keywords: Digital Multimeter, Pesticides residue, Vegetables

ABSTRAK

Alat yang digunakan untuk analisis residu pestisida antara lain Kromatografi Gas (KG), Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), Kromatografi Lapis Tipis (KLT), namun alat tersebut sangat mahal, dan perlu proses cukup lama serta memerlukan bahan kimia yang banyak. Untuk itu perlu dikembangkan metode cepat analisis residu pestisida. Salah satu alternatif deteksi cepat residu pestisida adalah dengan menggunakan Alat Multimeter Digital (AMD). Teknik analisis ini menggunakan prinsip perbedaan resistensi (tahanan) terhadap arus listrik dari senyawa kimia residu pestisida. Percobaan ini bertujuan mengetahui cara kerja awal AMD untuk deteksi cepat residu insektisida pada tanaman sayuran dari aspek presisi, akurasi, linearitas, dan limit deteksi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) di Laladon Bogor, mulai bulan Januari hingga Desember 2012. Residu insektisida yang dideteksi adalah organoklorin dan organofosfat pada beberapa sayuran yaitu kentang, kubis, wortel, bawang merah, cabe merah dan mentimun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai presisi AMD dalam mendeteksi organoklorin dan organofosfat pada sayuran berkisar 0,02-2,46%. Nilai linearitas AMD

dalam mendeteksi endrin pada bawang merah dan kentang, heptaklor pada bawang merah, BHC pada mentimun, klorpirifos pada kentang dan kubis, serta diklorfos pada kubis masing-masing sebesar 0,81, 0,84, 0,95, 0,71, 0,95, 0,80 dan 0,76. Nilai akurasi AMD dalam mendeteksi endrin dan dieldrin pada bawang merah, klorpirifos pada kentang dan kubis, serta profenofos pada cabe merah masing-masing sebesar 106,93 %, 115,08%, 72,89 %, 72,40%, dan 98,06%. Nilai LOD (limit deteksi) dan LOQ (limit quantifikasi) AMD terhadap organoklorin berkisar antara 0,08-0,17 ppm dan 0,27-0,56 ppm, sedangkan terhadap golongan organofosfat berkisar antara 0,05-0,27 ppm dan 0,16-0,90 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa AMD merupakan alat yang cukup akurat dan representatif untuk deteksi cepat residu pestisida pada sayuran.

Kata Kunci: Alat Multimeter Digital, Residu pestisida, Sayuran

PENDAHULUAN

Residu pestisida pada umumnya dianalisis dengan menggunakan alat kromatografi gas cairan (KGC) atau gas chromatography (GC) dan kromatografi cairan kinerja tinggi (KCKT) atau high performance liquid chromatography (HPLC) (Skoog *et al.*, 1998). Metode ini membutuhkan peralatan yang sangat mahal, personil yang terlatih, dan harus mengelaborasi prosedur preparasi contoh. Untuk analisis rutin residu pestisida diperlukan suatu metode analisis yang simpel, cepat dan sensitif.

Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian terhadap metode cepat untuk mendeteksi residu pestisida, antara lain ada yang menggunakan teknik inhibisi enzim atau Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA), kemudian ada yang menggunakan teknik kolorimetri serta teknik bioassay (An *et al.*, 1998; Pasha, 1998; Tejada *et al.*, 1998). Namun, hingga sekarang teknik-teknik tersebut belum dapat digunakan secara luas atau belum komersial. Kendala teknik ELISA hanya mampu mendeteksi beberapa jenis pestisida saja. Produk test kit untuk residu pestisida belum banyak di pasaran, bahkan di pasaran nasional belum ada atau sulit mendapatkannya. Beberapa produk test kit untuk deteksi pestisida telah ada di pasaran internasional antara lain merek GT-Test Kits. Produk test kit residu pestisida hasil temuan peneliti dari UPLB Los Banos, Filipina yang dipresentasikan di Food & Fertilizer Technology Center (FFTC) Taiwan pada tahun 2002, sepertinya sangat menjanjikan. Prinsip dasar kerja test kit ini adalah berdasarkan kolorimetri. Test kits tersebut mampu mendeteksi residu insektisida dalam waktu sangat cepat yaitu 5 menit, kemudian untuk residu fungisida dan herbisida dalam waktu 30 menit. Biaya analisis dengan test kit temuan Filipina tersebut 1000 kali lebih murah dibandingkan dengan cara

analisis konvensional (GC atau HPLC) yang berdasarkan analisis yang banyak menggunakan pereaksi kimia atau pelarut organik. Test kit tersebut mampu mendeteksi hingga di bawah 0,5 ug/g sampel (konsentrasi normal yang diperbolehkan pada *fresh food*) (Paya *et al.*, 2007).

Teknik analisis yang dilakukan adalah menggunakan prinsip perbedaan resistensi (tahanan) terhadap arus listrik dari senyawa kimia residu pestisida yang relatif spesifik. Setiap senyawa kimia memiliki kemampuan tingkat resistensi terhadap arus listrik yang spesifik atau berbeda-beda (SKKNI, 2010). Dengan teknik ini diharapkan akan dapat menghemat waktu analisis dan didapat gambaran konsentrasi residu insektisida secara realtime.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium RBA (Residu Bahan Agrokimia), Balingtan (Balai Penelitian Lingkungan Pertanian), Laladon, Bogor. Penelitian berlangsung selama 12 bulan, mulai bulan Januari hingga Desember 2012.

Lingkup kegiatan meliputi uji verifikasi AMD yang meliputi parameter ketepatan (akurasi), ketelitian (presisi), linieritas, serta batas deteksi residu insektisida organoklorin (aldrin, dieldrin, toksafen, DDT, endrin, heptaklor, BHC, klordan) dan organofosfat (klorpirifos, diazinon, diklorvos, klorfenvinfos, metamidofos, monokrotofos, profenofos) pada contoh sayuran (kubis, kentang, ketimun, wortel, bawang merah dan cabai merah). Contoh sayuran didapat dari pasar sekitar Bogor. Insektisida organoklorin (OK) dan organofosfat (OF) yang digunakan adalah bahan aktif dengan kemurnian di atas 99%.

Metode verifikasi yang digunakan terhadap metode AMD adalah berdasarkan kriteria standar ISO/IEC 17025:2005 dan Harmita (2004). Uji

verifikasi mencakup 2 (dua) golongan insektisida organoklorin dan organofosfat menggunakan metode spike ke dalam contoh sayuran (kubis, kentang, ketimun, wortel, bawang merah dan cabai merah). (Atmawidjaya *et al.*, 1983; CASCO, 2005; Ebing, 1983; Harmita, 2004; Hill, 1999).

Akurasi (Harmita, 2004)

Untuk mengetahui ketepatan metode test kit dilakukan metode penambahan standar baku (*standard addition method*) yaitu dengan menambahkan sejumlah pestisida dengan konsentrasi tertentu pada sampel yang diperiksa (spike), lalu diukur dengan alat AMD. Kriteria ketepatan sangat tergantung pada konsentrasi residu pestisida di dalam contoh (RSD), disebutkan bahwa selisih konsentrasi pada penentuan (X_d) harus 5% atau kurang pada setiap konsentrasi residu pada mana metode dilakukan. Harga rata-rata selisih secara statistik harus 1,5% atau kurang. Kriteria tersebut dinyatakan secara matematik sebagai berikut:

$$\{X_d/X_0 \times 100\} < 5\%$$

$$\{X_d/X_0 \times 100\} - \{S(0,95 n - 1)\}/n < 1,5\%$$

$$X_d = X_i - X_0$$

Keterangan:

X_i = hasil analisis

X_0 = hasil yang sebenarnya

I = nilai t pada tabel T student pada atas 95%

S = Simpangan baku relatif dari semua pengujian

n = jumlah sampel yang dianalisis

Konsentrasi residu insektisida dalam metode penambahan standar baku dapat dihitung sebagai berikut:

$$C / (C + S) = R_1 / R_2$$

$$C = S \{R_1 / (R_2 - R_1)\}$$

Keterangan:

C = konsentrasi residu insektisida di dalam contoh (ppm)

S = konsentrasi residu insektisida yang ditambahkan pada contoh (ppm)

R_1 = respon yang diberikan oleh contoh

R_2 = respon yang diberikan campuran contoh dengan tambahan residu insektisida.

Persen perolehan kembali (*recovery*) dinyatakan sebagai rasio antara hasil yang diperoleh dengan hasil yang sebenarnya. Perhitungan perolehan kembali ditetapkan dengan rumus sebagai berikut (Harmita, 2004):

$$\% \text{ Perolehan kembali} = \{(C_F - C_A) / C^*A\} \times 100$$

Keterangan:

C_F = konsentrasi total contoh yang diperoleh dari pengukuran

C_A = konsentrasi contoh sebenarnya

C^*A = konsentrasi residu insektisida yang ditambahkan

Presisi (Harmita, 2004)

Ketelitian diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi). Ketelitian dapat dinyatakan sebagai keterulangan (*repeatability*) atau ketertiruan (*reproducibility*). Keterulangan adalah ketelitian metode jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi yang sama dan dalam interval waktu yang pendek. Ketertiruan dilakukan dalam lab yang sama, tapi peralatan, pereaksi dan analis yang berbeda. Kriteria teliti diberikan jika metode memberikan simpangan baku relatif atau RSD 2% atau kurang (Harmita, 2004). Ketelitian dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Hasil analisis adalah $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$

$$\text{maka simpangan bakunya adalah } SD = \sqrt{\frac{\sum (x - X)^2}{n - 1}}$$

Simpangan baku relatif atau RSD adalah $RSD = (SD / X) \times 100$

Linearitas (Harmita, 2004)

Linearitas adalah kemampuan metode memberikan respon secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi residu insektisida di dalam contoh. Rentang metode adalah pernyataan batas terendah dan tertinggi residu insektisida yang sudah ditunjukkan dapat ditetapkan dengan ketepatan, ketelitian dan linearitas yang dapat diterima. Sebagai parameter adanya hubungan linierr digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi linier $Y = a + bX$.

Uji linieritas suatu metode bertujuan membuktikan adanya hubungan yang linier antara konsentrasi analit yang sebenarnya dengan respon alat. Parameter linieritas untuk alat multimeter digital ditunjukkan dengan adanya hubungan yang linier antara resistensi dengan konsentrasi analit dinyatakan dalam koefisien korelasi (r), sedangkan parameter linieritas dengan alat gas kromatografi ditunjukkan dengan adanya hubungan linieritas antara luas area dengan konsentrasi analit dan juga dinyatakan dalam koefisien korelasi (r). Uji linieritas dari pengukuran deret standar organoklorin dan

organofosfat dengan alat multimeter digital diperoleh hasil kurva kalibrasi umumnya mempunyai nilai dibawah 0,99.

Batas deteksi dan Batas kuantitasi (Harmita, 2004)

Limit deteksi dari suatu pengujian adalah kemampuan dari suatu alat untuk mendeteksi analit dalam suatu matrik dengan konsentrasi paling rendah. Dalam hal ini, dilakukan pengujian terhadap sampel sebanyak 7 (tujuh) kali sehingga dari nilai SD (standar deviasi) dihasilkan suatu respon terendah. Limit deteksi terbagi dua yaitu LOD (limit of detection) dan LOQ (limit of quantification), LOD merupakan hasil dari 3 kali SD sedangkan LOQ merupakan hasil dari 10 kali SD.

Batas deteksi adalah jumlah terkecil residu insektisida dalam contoh yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Batas deteksi dihitung dengan mengukur blanko beberapa kali lalu dihitung simpangan baku respon blanko, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = k \times S_b / S_i$$

Keterangan:

Q = LOD (batas deteksi) atau LOQ (batas kuantitasi)
k =3 untuk batas deteksi atau 10 untuk batas kuantitasi

S_b = simpangan baku respon analitik dari blanko

S_i =arah garis linier (kepekaan arah) dari kurva respon terhadap konsentrasi = slope (b pada persamaan y = a+bx)

a. Batas deteksi (Q); karena k = 3 atau 10, simpangan baku (S_b) = S_y/x, maka

$$Q = (3 S_y/x) / S_i$$

b. Batas kuantitasi (Q)

$$Q = (10 S_y/x) / S_i$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil percobaan dan pengolahan data maka diperoleh hasil validasi metode penetapan residu pestisida pada contoh sayuran dengan alat multimeter digital (AMD) dan gas kromatografi. Parameter validasi yang diuji meliputi akurasi, presisi, linieritas, limit deteksi dan limit kuantifikasi.

Tabel 1. Nilai akurasi (%) pada contoh sayuran dengan alat multimeter digital (AMD)

No.	Insektisida	Akurasi (%)					
		Kentang	Kubis	Wortel	Bawang merah	Cabe merah	Mentimun
1	Organoklorin						
	Aldrin	25,34	52,83	32,55	35,18	59,30	12,37
	Dieldrin	40,65	9,60	9,35	115,08	17,98	6,76
	Toksafen	15,28	12,77	5,33	20,48	19,40	32,02
	DDT	10,08	17,83	15,17	187,26	46,12	8,50
	Heptaklor	1,17	1,17	14,16	173,67	12,87	7,85
	Endrin	-20,11	0,90	17,16	106,93	10,49	5,78
	Klordan	11,74	8,25	6,29	20,45	14,82	22,63
	BHC	68,16	27,74	9,32	235,08	37,21	53,67
	Endosulfan	-15,17	3,95	24,91	394,86	25,01	6,52
2	Organofosfat						
	Monokrotofos	33,22	31,02	16,47	43,28	23,93	26,06
	Klorpirifos	72,89	72,47	3,65	134,65	51,20	25,85
	Diazinon	49,32	16,48	2,59	122,57	22,19	25,50
	Diklorvos	25,68	44,22	5,89	344,38	66,74	13,50
	Klorfenvinfos	8,90	42,31	24,30	304,68	21,84	55,34
	Metamidofos	15,28	38,75	3,89	3,26	103,41	44,92
Profenofos	39,76	18,34	18,35	51,80	98,06	19,17	

Nilai Akurasi AMD untuk Contoh Sayuran

Akurasi hasil pengukuran digambarkan dalam bentuk persentase. Berdasarkan hasil pengukuran alat multimeter digital pada contoh sayuran data

seperti Tabel 1. Pada Tabel 1 diperoleh nilai akurasi AMD untuk residu insektisida golongan organoklorin pada contoh sayuran, dimana nilai terbaik ditunjukkan oleh Endrin dan Dieldrin pada

bawang merah sebesar 106,93 % dan 115,08%. Nilai yang diperoleh sudah memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu 70-120%. Pada Tabel 1 juga diperoleh nilai akurasi alat multimeter digital dalam mengukur residu pestisida golongan organofosfat pada sayuran dimana nilai terbaik ditunjukkan oleh Klorpirifos pada kentang dan kubis dengan nilai 72,89 % dan 72,40%, serta profenofos pada cabe merah dengan nilai 98,06%. Nilai yang diperoleh sudah memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu 70-120%.

Nilai Presisi AMD pada Contoh Sayuran

Pada Tabel 2 diperoleh nilai presisi (% RSD) untuk analisis residu pestisida golongan organoklorin dan organofosfat pada contoh sayuran dengan alat multimeter digital berkisar antara 0,02-2,46%. Nilai yang diperoleh sudah memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu RSD < 2%. Nilai persentase RSD yang diperoleh bisa dikategorikan ke dalam tingkat keterulangan hasil pengukuran yang baik dan termasuk ke dalam pengukuran ketelitian yang tinggi.

Tabel 2. Nilai presisi (% RSD) alat multimeter digital pada contoh sayuran

No	Insektisida	Presisi (% RSD)					
		kentang	Kubis	Wortel	Bawang merah	Cabe merah	Mentimun
1	Organoklorin						
	Endrin	0,10	0,06	0,02	0,02	0,03	0,07
	Aldrin	0,07	0,08	0,03	0,03	0,10	0,14
	BHC	0,21	0,14	0,04	0,04	0,32	0,17
	DDT	0,10	0,09	0,02	0,02	0,05	0,09
	Heptaklor	0,03	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02
	Dieldrin	0,01	0,12	0,02	0,02	0,07	0,03
	Endosulfan	0,01	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05
	Toksafen	0,02	1,36	0,04	2,46	0,04	0,05
Klordan	0,02	0,08	0,05	0,03	0,07	0,06	
2	Organofosfat						
	Klorpirifos	0,06	0,09	0,04	0,04	0,96	0,09
	Diklorfos	0,02	0,16	0,05	0,05	0,43	0,04
	Diazinon	0,09	0,05	0,03	0,03	0,39	0,04
	Monokrotofos	0,05	0,08	0,04	0,04	0,61	0,08
	Kloepenvinfos	0,02	0,04	0,03	0,03	0,36	0,03
	Metamidofos	0,03	0,05	0,03	0,03	0,19	0,02
	Propenofos	0,06	0,09	0,04	0,05	0,96	0,09

Tabel 3. Linieritas alat multimeter digital insektisida golongan organoklorin pada contoh sayuran

Bahan aktif	Linearitas (R ²)					
	Bawang merah	Cabe merah	Wortel	Kentang	Mentimun	Kubis
BHC	0,07	0,44	0,05	0,16	0,71	0,51
Klordan	0,31	0,47	0,21	0,37	0,23	0,37
Dieldrin	0,34	0,34	0,11	0,08	0,3	0,24
DDT	0,30	0,20	0,02	0,05	0,46	0,37
Aldrin	0,47	0,19	0,06	0,01	0,43	0,15
Endrin	0,81	0,31	0,45	0,84	0,33	0,47
Toksafen	0,22	0,68	0,15	0,25	0,4	0,45
Heptaklor	0,95	0,52	0,16	0,03	0,2	0,05
Endosulfan	0,42	0,49	0,16	0,42	0,03	0,02

Uji Linieritas AMD untuk Contoh Sayuran

Pada Tabel 3 golongan organoklorin nilai linieritas yang tinggi hanya diperoleh pada beberapa bahan aktif dan sayuran, pada contoh bawang merah

linieritas yang tinggi diperoleh pada bahan aktif heptaklor dan endrin dengan nilai linieritas masing-masing sebesar 0,95 dan 0,81, pada contoh kentang nilai linieritas tertinggi pada bahan aktif endrin

sebesar 0,84 sedangkan pada contoh mentimun nilai linieritas tertinggi didapat pada bahan aktif BHC sebesar 0,71.

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan uji linieritas pada contoh sayuran untuk golongan organofosfat tidak berbeda jauh dari linieritas pada golongan organoklorin. Nilai linieritas tertinggi didapat pada contoh kentang dengan bahan aktif klorpirifos sebesar 0,95 dan pada contoh kubis

dengan bahan aktif klorfirifos sebesar 0,80, serta pada contoh diklorfos sebesar 0,76.

Limit Deteksi Alat Multimeter Digital

Pada Tabel 5 terlihat bahwa LOD dan LOQ berbagai bahan aktif organoklorin berbeda beda berkisar antara 0,08-0,17 ppm dan 0,27-0,56 ppm. Pada Tabel 6. terlihat bahwa LOD dan LOQ berbagai bahan aktif organofosfat berbeda beda berkisar antara 0,05-0,27 ppm dan 0,16-0,90 ppm.

Tabel 4. Linieritas alat multimeter digital untuk insektisida golongan organofosfat pada contoh sayuran

Bahan aktif	Linearitas (R ²)					
	Bawang merah	Cabe merah	Wortel	Kentang	Mentimun	Kubis
Diazinon	0,19	0,41	0,004	0,64	0,06	0,34
Propenofos	0,56	0,33	0,21	0,47	0,24	0,12
Klorpirifos	0,05	0,18	0,21	0,96	0,34	0,80
Metamidofos	0,04	0,17	0,03	0,01	0,24	0,04
Monokrotofos	0,29	0,15	0,41	0,15	0,02	0,03
Diklorfos	0,32	0,43	0,24	0,62	0,76	0,04
Klorvenpinfos	0,28	0,77	0,07	0,07	0,58	0,21

Tabel 5. Limit deteksi alat multimeter digital untuk standar organoklorin

Organoklorin	LOD	LOQ
	3SD	10SD
ppm		
Endrin	0,09	0,30
Aldrin	0,14	0,45
BHC	0,10	0,32
DDT	0,11	0,36
Heptaklor	0,10	0,34
Dieldrin	0,08	0,27
Endosulfan	0,17	0,56

Tabel 6. Limit deteksi alat multimeter digital untuk standar organofosfat

Organofosfat	LOD	LOQ
	3SD	10SD
ppm		
Klorpirifos	0,05	0,16
Diklorfos	0,27	0,90
Diazinon	0,20	0,67
Monokrotofos	0,09	0,29
Klorpenvinfos	0,08	0,26
Metamidofos	0,12	0,40
Propenofos	0,13	0,43

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa AMD mempunyai nilai presisi (relative standar deviasi) yang tinggi dalam mendeteksi organoklorin dan organofosfat pada sayuran yang berkisar 0,02-2,46%. Alat AMD mempunyai nilai linearitas (R²) yang baik dalam mendeteksi endrin pada bawang merah dan kentang, heptaklor pada bawang merah, BHC pada mentimun, klorpirifos pada kentang dan kubis, serta diklorfos pada kubis dengan nilai masing-masing sebesar 0,81, 0,84, 0,95, 0,71, 0,95, 0,80 dan 0,76.

Alat AMD mempunyai nilai akurasi yang baik dalam mendeteksi endrin dan dieldrin pada bawang merah, klorpirifos pada kentang dan kubis, serta profenofos pada cabe merah dengan nilai masing-masing sebesar 106,93 %, 115,08%, 72,89 %, 72,40%, dan 98,06%. Alat AMD mempunyai nilai LOD (limit deteksi) dan LOQ (limit quantifikasi terhadap organoklorin berkisar antara 0,08-0,17 ppm dan 0,27-0,56 ppm, sedangkan terhadap golongan organofosfat berkisar antara 0,05-0,27 ppm dan 0,16-0,90 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa AMD merupakan alat yang cukup akurat dan representatif untuk deteksi cepat residu pestisida pada sayuran.

DAFTAR PUSTAKA

- An, TA, N Thien, BV Thin, and LV To. 1998. Rapid Bioassay Pesticides Residue (RBPR) Test for Monitoring Pesticide Residues in Vegetables in Ho Chi Minh City, Vietnam. Pp 229-234 *in* Seeking Agricultural Produce Free of Pesticide Residues (IR Kennedy, JH Skerritt, GI Johnson, and E Highley, Eds.). Australian Centre for International Agricultural Research.
- Atmawidjaja, S, K Satiadarma, S Kisman, K Firman, dan S Ibrahim. 1983. Pemeriksaan Residu Pestisida dalam Bahan Makanan dan Komponen Lingkungan. Laporan Penelitian No. 6064282. Ditjen Dikti, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta. Hlm. 1-11, 21-22, 25-31.
- CASCO (Committee on Conformity Assessment). 2005. UNE-EN ISO/IEC 17025:2005: General Requirement for The Competence of Testing and Calibration Laboratories. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.
- Ebing, W. 1983. Good Analytical Practice in Pesticide Residue Analysis Using Gas Liquid Chromatography. Pp. 55-60 *in* Pesticide Chemistry: Human Welfare and The Environment (J Miyamoto, PC Kearney, R Greenhalgh, Eds.). Pergamon Press, UK.
- Harmita. 2004. Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(3): 117-135.
- Hill, A. 1999. Quality Control Procedure for Pesticide Residues Analysis. Guidelines for Residues Monitoring in The European Union. Second Edition. Document No. SANCO/3103/2000. 30 p.
- Pasha, A. 1998. Rapid Colorimetric and Tissue Print Methods for Estimating Agrochemicals Including Benzimidazole Fungicides Pp. 235-240 *in* Seeking Agricultural Produce Free of Pesticide Residues (IR Kennedy, JH Skerritt, GI Johnson, and E Highley, Eds.). Australian Centre for International Agricultural Research.
- Paya, P, M Anastasiades, D Mack, I Sigalova, B Tasdelen, J Oliva, and A Barba. 2007. Analysis of pesticide residues using Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe (QuEChERS) pesticide multiresidue method in combination with gas and liquid chromatography and tandem mass spectrometric detection. *Anal Bioanal Chem*. 389: 1697-1714.
- SKKNI (Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia). 2010. Arus, Tegangan dan Tahanan Listrik. OTO.KR05.002.01. 22 hlm.
- Skoog, DA, FJ Holler, and TA Nieman. 1998. Principles of Instrumental Analysis. 4th ed. Harcourt Barce College, Orlando. Pp. 701-722.
- Tejada, AW, LM Varca, SMF Calumpang, and CM Bajet. 1998. Enzyme Inhibition and Other Rapid Techniques for Pesticide Residue Detection. Pp. 223-228 *in* Seeking Agricultural Produce Free of Pesticide Residues (IR Kennedy, JH Skerritt, GI Johnson, and E Highley, Eds.). Australian Centre for International Agricultural Research.