

Pengembangan instrumen berbasis konduktivitas untuk mendeteksi cemaran pangan dalam produk pertanian

¹Ani Mulyasuryani*), ²Akhmad Zainuri

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

mulyasuryani@ub.ac.id

Abstrak

Salah satu cemaran pangan dalam produk pertanian adalah residu pestisida. Instrumen untuk mendeteksi kadar residu pestisida dapat dikembangkan dengan mengukur konduktivitas pestisida yang dihidrolisis secara enzimatis. Enzim diamobilkan pada suatu elektroda dalam sel konduktivitas, sehingga dapat dihasilkan konduktivitas larutan secara langsung. Berdasarkan hubungan linier antara konsentrasi pestisida dengan konduktivitas dapat dibuat instrumen yang menghasilkan data dalam satuan konsentrasi. Pestisida yang diuji adalah diazinon, malathion, profenofos dan klorpirifos. Variabel kinerja instrumen adalah ukuran elektroda, pH larutan uji, dan voltase. Kepekaan maksimum dihasilkan pada elektroda ukuran 1x5 mm², pH larutan 8,5 dan voltase 100 mV. Instrumen ini dapat mengukur kadar pestisida pada kisaran 0 – 1000 ppb, dengan akurasi 86-100 %.

Kata Kunci: residu pestisida, *diazinon*, *malathion*, *profenofos*, *klorpirifos*

1 Pendahuluan

Untuk memacu produktivitas pertanian penggunaan pestisida sangat diperlukan dan seringkali digunakan secara berlebihan. Departemen Pertanian menganjurkan pemakaian pestisida organofosfat karena mudah hilang di alam. Meskipun demikian residu pestisida organofosfat pada manusia dapat menimbulkan keracunan baik akut maupun kronis, hal ini disebabkan oleh sifat akumulatif dari residu pestisida organofosfat [1]. Batas maksimum residu pestisida dalam beras adalah 0,1 mg/Kg dan dalam sayuran 0,5 mg/Kg [2]. Untuk itu, perlu dilakukan suatu kontrol yang baik akan keberadaan senyawa beracun ini, karena walaupun tidak mematikan tetapi dapat terakumulasi dalam tubuh, sehingga dapat menimbulkan penyakit yang berbahaya.

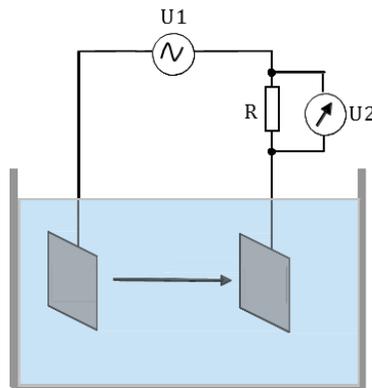
Metode baku yang digunakan SNI untuk analisis organofosfat adalah kromatografi gas (GC) [3] dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC). Sebagai metoda alternatif untuk pengukuran pestisida organofosfat adalah mengembangkan suatu instrumen yang lebih sederhana. Biosensor adalah suatu instrumen yang menggabungkan antara reaksi biokimia dengan suatu transduser. Biosensor menawarkan berbagai keuntungan, yaitu selektivitas tinggi, waktu uji yang cepat, dapat digunakan berulang kali, dan sangat praktis untuk pengukuran langsung dilapangan [4].

Biosensor terdiri dari tiga komponen, yaitu bioaktif (bioreseptor), transduser dan detektor. Biosensor pestisida organofosfat dibuat atas dasar reaksi hidrolisis organofosfat dengan adanya *organophosphate hydrolase* sebagai biokatalis (bioreseptor). Pada reaksi tersebut dihasilkan H⁺. Jumlah ion H⁺ hasil hidrolisis dapat dideteksi secara potensiometri, amperometri, dan konduktometri. Pada penelitian ini digunakan transduser konduktometri, karena memiliki beberapa keunggulan yaitu elektroda yang digunakan kecil dan praktis, tidak membutuhkan elektroda referensi apapun, tegangan yang dibutuhkan kecil sehingga

menghemat konsumsi energi, dan biaya produksi yang murah sehingga berpotensi untuk diproduksi dalam skala besar [5-7].

Konduktometri adalah suatu metode analisis kimia yang didasarkan pengukuran konduktivitas larutan. Konduktivitas elektrolitik suatu larutan adalah ukuran kemampuan larutan untuk membawa arus listrik, dalam suatu sel elektrokimia. Hantaran arus listrik dilakukan oleh migrasi ion-ion sebagai akibat pengaruh medan elektrik. Dengan memakai GGL (Gaya Gerak Listrik) tertentu dengan harga tetap, tetapi lebih tinggi dari voltase penguraian elektrolit, arus (i), yang mengalir antara dua elektroda terendam dalam larutan elektrolit, berbanding terbalik dengan tahanan R larutan elektrolit. Konduktivitas dan dinyatakan dalam Ohm^{-1} atau S [8].

Konduktivitas diukur dengan menggunakan sel konduktivitas yang dibuat dari dua lempeng logam dengan luas (A) yang sama serta pada jarak yang telah ditentukan (l), Gambar 1.



1

Gambar 1 Skema prinsip pengukuran konduktivitas larutan. U_1 : signal input (AC); U_2 : signal output; R : resistor

Konduktivitas larutan merupakan fungsi dari luas elektroda dan jarak antar elektroda yang dinyatakan dalam persamaan 1.

$$G = \frac{\kappa A}{l} \quad (1)$$

l : jarak antar elektroda (cm)

A : Luas permukaan elektroda (cm^2)

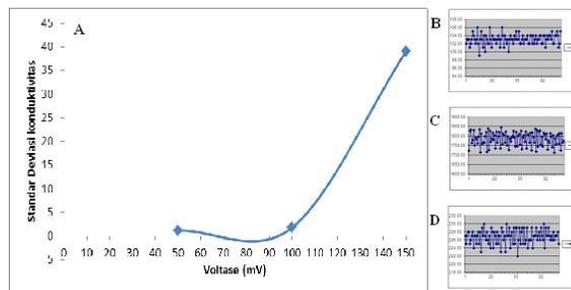
κ : konduktivitas spesifik ($S \text{ cm}^{-1}$)

Pada penelitian ini, telah dikembangkan alat deteksi yang didasarkan pada pengukuran konduktivitas larutan hasil hidrolisis pestisida organofosfat yang dikatalisis oleh enzim organofosfat hidrolase. Pengembangan alat yang berdasarkan konduktivitas larutan dengan adanya reaksi enzimatik telah dikembangkan oleh penulis sejak tahun 2011 [9][10][11]

2 Diskusi

2.1 Pengaruh Voltase input

Pada penelitian ini sel konduktometer terdiri dari sepasang SPCE (*screen print carbon electrode*), luas elektroda adalah 5 mm × 1 mm. Salah satu elektroda dilapisi membran kitosan yang mengandung enzim organofosfat hidrolase. Elektroda yang telah dilapisi enzim ditempatkan dalam slot elektroda kutub negatif pada konduktometer, sedangkan slot elektroda yang lain dipasang elektroda tanpa membran dan enzim. Konduktometer terintegrasi dengan computer, yang mampu merekam 5 data dalam satu detik. Hasil pengukuran dalam satu siklus (20 detik) dapat terekam dalam file *excel*. Sinyal yang terukur dipengaruhi oleh potensial yang diaplikasikan pada alat. Semakin besar voltase semakin besar sinyal yang terukur. Namun voltase juga berbanding lurus dengan standar deviasi hasil pengukuran, Gambar 2.

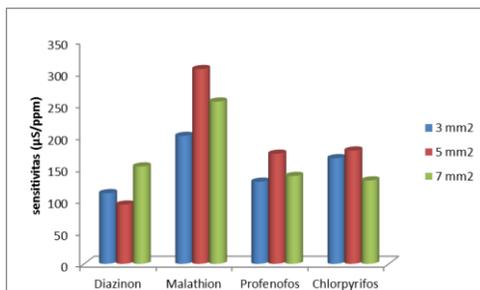


Gambar 2 Pengaruh voltase terhadap standar deviasi (A). Profile signal pada voltase 50 mV (B) ; 100 mV (C) 150 mV (D)

Berdasarkan hasil penelitian ini, pada tahap selanjutnya dipilih potensial aplikasi sebesar 100 mV, karena pada potensial ini dihasilkan sinyal yang cukup kuat (226 μ S), dan tidak merusak lapisan membran kitosan di permukaan elektroda.

2.2 Pengaruh Luas Elektroda

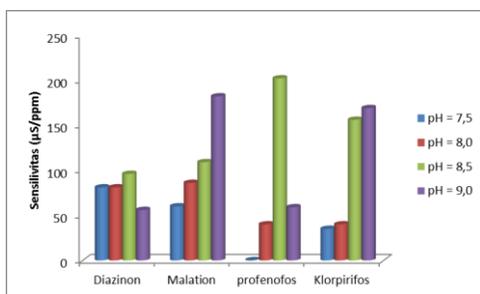
Secara teoritis peningkatan luas elektroda dapat meningkatkan konduktivitas yang dihasilkan, sebagaimana persamaan (1). Hal ini terjadi pada hasil penelitian ini, tetapi tidak secara langsung berbanding lurus dengan biosensor. Gambar 3 menunjukkan bahwa sensitivitas tertinggi untuk malation, profenofos dan klorpirifos dihasilkan pada luas elektroda 5 mm², tetapi diazinon pada 7 mm². Untuk prosedur selanjutnya digunakan luas elektroda 5 mm².



Gambar 3 Kurva hubungan antara luas elektroda terhadap sensitivitas pada diazinon, malation, profenofos dan klorpirifos

2.3 Pengaruh pH

Secara teori aktivitas optimum enzim bebas dan enzim yang diamobilkan ada perbedaan, karena adanya interaksi enzim dengan media amobilisasi. Hal ini akan mengubah orientasi atau halangan ruang enzim untuk berinteraksi dengan substrat. Dengan demikian akan terjadi pula perubahan pH yang dapat menghasilkan kinerja enzim secara maksimal. Enzim organofosfat hidrolase bebas mempunyai pH optimum pada kisaran 7,5 – 9 satuan pH, oleh karena itu pada penelitian ini optimasi pH dilakukan pada kisaran pH tersebut. Hasil penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kurva hubungan antara pH terhadap kepekaan pada diazinon, malation, profenofos dan klorpirifos.

Sensitivitas maksimum biosensor terhadap ke 4 senyawa organofosfat dihasilkan pada pH 8,5 – 9. Untuk pengukuran larutan diazinon dan profenofos sensitivitas biosensor maksimum dihasilkan pada pH 8,5. Pada pengukuran malation sensitivitas biosensor maksimum pada pH 9, tetapi standar deviasi pada pH tersebut sangat besar, sedangkan pada pengukuran klorpirifos sensitivitas pada pH 8,5 tidak berbeda secara signifikan dengan pH 9. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa pH optimum untuk pengukuran keempat senyawa yang diuji adalah pada pH 8,5, maka untuk tahap selanjutnya menggunakan pH 8,5. Hal tersebut dilakukan untuk validasi alat.

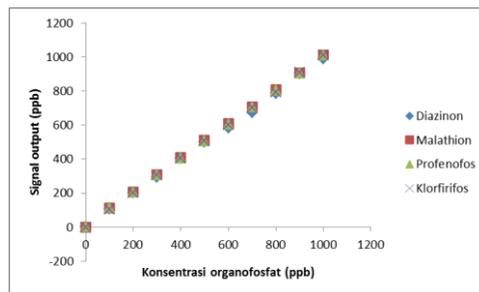
2.4 Validasi

Berdasarkan hasil optimasi voltase input, luas elektroda dan pH larutan maka dilakukan pengujian terhadap biosensor dengan mengukur konduktivitas larutan diazinon, malathion, profenofos dan klorpirifos. Berdasarkan data hubungan konsentrasi terhadap konduktivitas, dibuat persamaan regresi linier. Dari data tersebut juga dapat dihitung batas deteksi alat terhadap masing-masing senyawa organofosfat yang diuji. Batas deteksi didasarkan pada sinyal blanko.

Tabel 1 Regresi linier hubungan konsentrasi dan konduktivitas, dan batas deteksi alat terhadap masing-masing senyawa organofosfat yang diuji

Senyawa	Regresi Linier	R ²	LOD (ppm)
Diazinon	$y = 534 x + 1844$	0,99	0,25
Malathion	$y = 496 x + 1871$	0,99	0,22
Profenofos	$y = 389 x + 1808$	0,98	0,44
Klorpirifos	$y = 440 x + 1849$	0,99	0,30

Berdasarkan persamaan regresi linier dari Tabel 1, dibuat program sesuai dengan persamaan tersebut. Setelah program diterapkan dilakukan validasi terhadap alat yang baru. Validasi menggunakan konsentrasi yang sudah diketahui, Gambar 5.



Gambar 5 Kurva hubungan antara konsentrasi senyawa organofosfat terhadap signal output.

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa akurasi hasil pengukuran 86-100%. Tetapi pada konsentrasi 100 ppb (0,1 ppm) akurasi lebih rendah dibandingkan pada konsentrasi di atasnya, karena 0,1 ppm merupakan konsentrasi dibawah konsentrasi limit deteksi.

Outside

3 Kesimpulan

Instrumen untuk mengukur residu pestisida organofosfat dalam produk pertanian dapat dikembangkan berdasarkan pengukuran konduktivitas larutan. Kinerja instrument

maksimum dihasilkan pada voltase input 100 mV, dengan luas elektroda 5 mm² dan diukur pada pH 8,5. Instrumen dapat mengukur larutan organofosfat dengan akurasi 86 - 100 %.

4 Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Brawijaya yang telah memberikan Research Grant PUPT 2013 - 2015

5 Daftar Pustaka

- [1] Alegantina, S., Mariana Raini, Pudji Lastari, Penelitian Kandungan Organofosfat Dalam Tomat Dan Slada Yang Beredar Di Beberapa Jenis Pasar Di DKI, Departemen Kesehatan RI, 2005
- [2] Anonim, Badan Standardisasi Nasional, "Batas maksimum residu pestisida pada hasil pertanian", Standar Nasional Indonesia, SNI 7313:2008, 2008
- [3] Anonim, Badan Standardisasi Nasional, "Metode Pengujian Kadar Pestisida", Standar Nasional Indonesia, SNI 0625101991, 1991.
- [4] Garcia, M.N.V., T. Mottram, "Biosensor Technology Addressing Agricultural Problems" *Biosystems Engineering*, 2003 : 84 ,1-12.
- [5] Chouteau, C., S.Dzyadevych, J.M.Chovelon dan C. Durrieu, "Development of Novel Conductometric Biosensors Based on Immobilized Whole Cell *Chlorella vulgaris* Microalgae", *Biosensors and Bioelectronics*, 2004 : 19, 1089-1096
- [6] Jaffrezic-Renault, N., "New Trends in Biosensors for Organophosphorus Pesticides", *Sensors* , 2001 : 1, 60-74
- [7] Jaffrezic-Renault, N. and Dzyadevych, S.V., "Conductometric Microbiosensors for Environmental Monitoring", *Sensors*, 2008 : 8, 2569-2588.
- [8] Eging, B.R., "Chemical Sensors and Biosensors", John Wiley & Sons, LTD, Singapore. 2002.
- [9] Mulyasuryani, A. dan Arie Srihardyastutie, "Conductometric Biosensor for the detection of Uric Acid by immobilization uricase on Nata de coco membrane-Pt electrode", *Analytical Chemistry Insights*, 2011 : 6, 47 - 51
- [10] Mulyasuryani, A., Dhofir, M., 2014, Enzyme Biosensor for Detection of Organophosphate Pesticide Residues Base on Screen Printed Carbon Electrode (SPCE)-Bovine Serum Albumin (BSA), *Engineering*, 6, 230-235
- [11] Mulyasuryani, A. dan Prasetyawan, S, "Organophosphate Hydrolase in Conductometric Biosensor for the Detection of Organophosphate Pesticides" *Analytical Chemistry Insights* 2015:10, 23-27