

ANALISIS LOGAM Cd (II) DENGAN METODE VOLTAMETRI PELUCUTAN ANODIK MENGGUNAKAN ELEKTRODA PASTA KARBON TERMODIFIKASI ZEOLIT ALAM

Irdhawati^{1,*}, Ni Ketut Esati¹, Hery Suyanto¹

¹ Program Magister Kimia Terapan, Program Pasca Sarjana, Universitas Udayana, Jl. Jenderal Sudirman Denpasar
80225 Bali

irdhawati@unud.ac.id

ABSTRAK: Pada penelitian ini telah dipelajari material zeolit alam teraktivasi asam sulfat 0,1 M yang digunakan sebagai *modifier* dalam elektroda kerja pasta karbon (EPK). Kinerja EPK termodifikasi zeolit alam teraktivasi asam (EPKZA) dibandingkan dengan EPK tanpa *modifier* dan penerapannya dalam penentuan kadar logam Cd(II) dalam sampel sayur dengan metode voltametri pelucutan anodik. Parameter optimasi yang diuji meliputi waktu deposisi dan laju pindai pada EPK dan EPKZA, serta komposisi zeolit dalam EPKZA. Komposisi elektroda kerja terbaik pada kondisi optimum pengukuran digunakan untuk menentukan rentang konsentrasi linier, limit deteksi, ketelitian, dan ketepatan penentuan logam Cd(II). Hasil yang diperoleh yaitu waktu deposisi 630 detik dan laju pindai 10 mV/s menggunakan EPK, dan komposisi modifier terbaik sebesar 5% dalam EPKZA, dengan waktu deposisi 540 detik dan laju pindai 20 mV/s. Rentang konsentrasi pengukuran EPKZA lebih luas yaitu dari 50-2000 ppb, sedangkan EPK tanpa *modifier* hanya memiliki rentang konsentrasi dari 100-1000 ppb. EPKZA dapat mengukur logam dengan konsentrasi yang lebih rendah dari EPK tanpa *modifier*, dengan batas deteksi pengukuran EPKZA adalah 58,41 ppb, sedangkan batas deteksi pengukuran EPK tanpa *modifier* sebesar 94,38 ppb. Keberulangan pengukuran larutan standar logam Cd(II) dengan EPKZA menghasilkan nilai HorRat yang lebih kecil dari dua, serta nilai persen perolehan kembali sebesar 99,28±3,12 %, sehingga metode ini memiliki keseksamaan dan akurasi yang sangat baik.

Kata kunci: voltametri pelucutan anodik, elektroda pasta karbon, zeolit alam, ion Cd(II)

ABSTRACT: In this research the natural zeolite material activated by 0.1 M sulfuric acid was used as a modifier for carbon paste electrode (CPE). The performance of CPE modified by acid activated natural zeolite (CPEZ) was compared with CPE without modifier one and applied in the determination of Cd(II) concentration in vegetable samples using anodic stripping voltammetry method. The observed parameters includes deposition time and scan rate at CPE and CPEZ, and composition of modifier in CPEZ. The optimum composition and measurement condition of working electrode was used for determination linear range concentration, limit of detection, repeatability, and percent recovery. The result shows that the optimum deposition time are 630 s and 540 s, and scan rates are 10 mV/s and 20 mV/s for CPE and CPEZ respectively with the modifier concentration of 5%. The linear range concentration for CPEZ observed at 50-2000 ppb has wider range than CPE which was 100-1000 ppb. Limit of detection of CPEZ of 58.41 ppb is lower than CPE of 94.38 ppb. Determination of repeatability measurement of Cd(II) solution has HorRat value less than two, and percent recovery is 99.28±3.12%. Therefore, this method has a very good precision and accuracy.

Keywords: anodic stripping voltammetry, carbon paste electrode, natural zeolite, Cd(II) ion

1. PENDAHULUAN

Voltametri pelucutan anodik atau *anodic stripping voltammetry* (ASV) merupakan metode yang sering digunakan untuk mendeteksi logam runtu (*trace metal*), yang dapat menentukan kadar logam berat sampai konsentrasi yang sangat rendah bahkan sampai skala ppb dan ppt. Analisis dengan voltametri menggunakan 3 elektroda yaitu elektroda kerja, elektroda pembantu dan elektroda pembanding. Kinerja dari metode voltametri sangat dipengaruhi oleh material elektroda kerja. Elektroda kerja yang populer digunakan antara lain adalah elektroda raksa, karbon, dan logam mulia (terutama platina dan emas). Penggunaan elektroda raksa pada teknik ASV untuk analisis logam berat memerlukan penanganan khusus karena sifatnya yang beracun, sedangkan elektroda logam mulia harganya mahal. Saat ini banyak dikembangkan elektroda pasta karbon (EPK), yang memiliki beberapa keunggulan, yaitu murah, *inert* (tidak ikut bereaksi), dan memiliki rentang potensial yang luas [1].

Beberapa penelitian menggunakan EPK yang dikembangkan dengan penambahan *modifier* dapat menghasilkan limit deteksi yang sangat kecil. Hasil penelitian Keawkimet *al.* (2013) [2], pengukuran menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi *crown ethers* menghasilkan limit deteksi 0,11 ppb untuk logam Pb(II) dan 0,27 ppb untuk logam Cd(II) serta diperoleh daerah linear pada rentang 0,5-60 ppb untuk kedua logam tersebut. Senthilkumar and Saraswathi (2009) [3] melakukan pengukuran terhadap logam Pb(II) dan Cd(II) menggunakan *modifier* dengan komposisi 50% zeolit NH₄-Y dalam elektroda pasta karbon, diperoleh limit deteksi sebesar 3,60 ppb untuk Pb(II) dan 1,00 ppb untuk Cd(II). Pebrianti (2009) [4] menambahkan zeolit teraktivasi asam pada elektroda pasta karbon (EPK) yang terdeposisi logam emas

(Au) pada permukaan elektroda. Pada penelitian tersebut, komposisi 20% berat zeolit berbanding berat grafit memberikan daerah linear pada rentang 1-1000 ppb dengan limit deteksi sebesar 0,57 ppb terhadap pengukuran kadar logam Hg(II), sedangkan persen perolehan kembali berada pada kisaran 95,48 – 99,5%.

Potensi zeolit alam di Indonesia sangat besar karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari gunung berapi yang merupakan sumber mineral zeolit. Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Rumus umum zeolit adalah $M_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].mH_2O$, dengan M adalah logam alkali atau alkali tanah, n adalah jumlah valensi dari logam alkali atau alkali tanah, x dan y adalah jumlah alumino dan silikat [5]. Zeolit merupakan material mikropori, memiliki luas permukaan yang cukup besar sehingga sering dimanfaatkan sebagai adsorben. Walaupun demikian, zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, yaitu mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas adsorpsi dari zeolit. Kapasitas adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan melakukan aktivasi, salah satunya aktivasi dengan asam [6].

Aktivasi secara kimiawi dilakukan dengan asam atau basa, dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit dalam jangka waktu tertentu. Zeolit kemudian dicuci sampai netral kemudian dikeringkan. Aktivasi dengan asam mineral akan melarutkan logam alkali seperti Ca²⁺, K⁺, Na⁺ dan Mg²⁺ yang menutup sebagian rongga pori sehingga zeolit lebih

berpori dan permukaan lebih aktif. Aktivasi asam menyebabkan terjadinya dekontaminasi. Kation-kation akan lepas dari pori-pori zeolit. Untuk aplikasi tertentu atau khusus kation dapat ditukar dengan kation lainnya. Hilangnya pengotor juga akan menyebabkan permukaan zeolit menjadi lebih luas [6].

Pada penelitian ini akan dipelajari metode voltametri pelucutan anodik menggunakan elektroda kerja berupa pasta karbon termodifikasi zeolit alam teraktivasi asam (EPKZA), yang akan diterapkan untuk mengukur kadar logam Cd(II) dalam sampel sayuran berupa sawi dan kubis yang diperoleh dari pertanian di Bedugul, Tabanan-Bali. Sampel diambil di daerah Bedugul karena daerah tersebut merupakan salah satu penghasil sayuran terbesar di Bali. Sayur-sayuran tersebut akan dikonsumsi oleh masyarakat Bali dan di luar Bali. Selain itu perkembangan daerah Bedugul sangat pesat, jumlah penduduk bertambah dan aktivitas penduduk juga meningkat, sehingga diperkirakan pada daerah ini memiliki kadar polutan yang dapat mencemari hasil pertanian. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk menguji kandungan logam Cd(II) dalam sayuran tersebut, sehingga diketahui kelayakannya untuk dikonsumsi.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu $(\text{CdCl}_2)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, HCl (37 %), KCl, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, dan $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ (Merck); grafit dan parafin cair (Wako); kawat Pt, Ag, dan Cu (Nilaco); tabung elektroda mikro pori G3 (Pyrex); zeolit alam teraktivasi H_2SO_4 0,1 M; sayuran kubis sawi; dan akuabides. Peralatan yang digunakan adalah adaptor DC 12 V (Intra Universal); multimeter (BK Precision 2408); mikropipet (Socorex); neraca analitik (Shimadzu); potensiostat (Ingsens 1030); peralatan gelas,

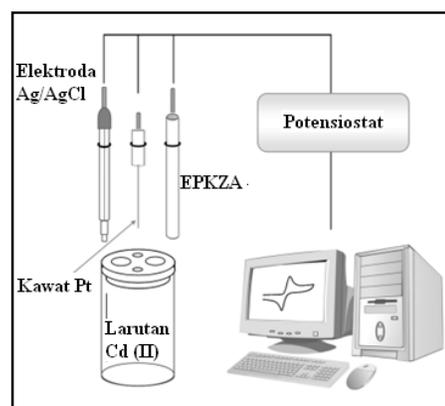
wadah sel voltametri (Pyrex); pengaduk magnetik; dan karet penyangga elektroda.

2.2 Metode

EPK tanpa *modifier* dibuat dengan mencampurkan 100 mg serbuk grafit dan 35 μL cairan parafin, digerus hingga terbentuk pasta yang homogen. EPKZA dibuat dengan mencampurkan 100 mg serbuk grafit, 35 μL cairan parafin dan variasi komposisi zeolit teraktivasi asam yaitu: 0,0; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; dan 15,0 % (b/b) dari berat grafit, digerus hingga terbentuk pasta yang homogen.

Pasta EPK tanpa *modifier* dan EPKZA masing-masing dimasukkan dalam tabung elektroda yang berbeda-beda dengan konduktor kawat Cu (kawat berjarak 5 mm dari bagian bawah tabung), dan bagian permukaan bawah pasta dipadatkan dan dihaluskan dengan kertas timbang. Selanjutnya elektroda siap digunakan.

Penentuan komposisi *modifier* optimum pada EPK dilakukan dengan metode voltametri pulsa diferensial (DPV). Masing-masing EPKZA dimasukkan ke dalam 10 mL larutan standar Cd(II) 1 ppm seperti Gambar 1, kemudian arus puncak diukur dengan metode voltametri pelucutan anodik sesuai parameter pada Tabel 1. EPKZA komposisi terbaik akan memberikan arus puncak tertinggi untuk tiap larutan standar.



Gambar 1. Skema pengukuran dengan DPV

Tabel 1. Parameter Pengukuran

Parameter	Cd(II)
Potensial deposisi (mV)	-1200
Rentang potensial pengukuran (mV)	-1100 s/d -600
Kenaikan pulsa (mV)	3
Amplitudo pulsa (mV)	50
Waktu deposisi (s)	90-750
Laju pindai (mV/s)	1-25

EPK tanpa *modifier* dimasukkan ke dalam sel voltametri yang telah berisi 10 mL larutan standar logam Cd(II) 1 ppm. Selanjutnya dibuat kurva antara waktu deposisi dan arus puncak tiap voltamogram. Waktu deposisi yang menghasilkan arus puncak tertinggi dinyatakan sebagai waktu deposisi optimum. Begitu juga untuk laju pindai optimum, dibuat kurva laju pindai dan arus puncak tiap voltamogram. Prosedur yang sama dilakukan untuk mengetahui waktu deposisi dan laju pindai untuk EPKZA komposisi terbaik.

Penentuan rentang konsentrasi linear dan limit deteksi (LOD) dilakukan dengan mengukur arus puncak dari larutan standar Cd(II) pada waktu deposisi dan laju pindai optimum menggunakan EPK tanpa *modifier* maupun EPKZA komposisi terbaik. Pengukuran dilakukan pada rentang konsentrasi larutan standar antara 5~4000 ppb.

Dari data rentang konsentrasi linear yang diperoleh dihitung persamaan garis dan data persamaan garis selanjutnya digunakan untuk menghitung limit deteksi. Limit deteksi ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [7].

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum(y_1 - \hat{y}_1)^2}{n-2}} \quad (1)$$

$$\text{LOD} = \frac{3S_{y/x}}{b} \quad (2)$$

Keterangan : $S_{y/x}$ = standar deviasi respon analit dari blanko; b = kemiringan garis; y_1 = respon alat; \hat{y}_1 = nilai y yang diperoleh dari persamaan garis; dan n = banyaknya pengukuran.

Uji keberulangan dan % perolehan kembali dilakukan dengan menggunakan EPKZA komposisi terbaik. Uji keberulangan dilakukan dengan mengukur arus puncak larutan standar Cd (II) 1 ppm. Pengukuran diulang sebanyak 10 kali. Hasil pengukuran arus puncak larutan standar digunakan untuk menghitung rasio Horwitz [7].

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

$$\text{RSD} = \frac{\text{SD}}{\bar{x}} \quad (4)$$

$$\text{CV} = \text{RSD} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{CV}_{\text{Horwitz}} = 2^{1-(0,5 \log C)} \quad (6)$$

$$\text{HorRat} = \frac{\text{CV}}{\text{CV}_{\text{Horwitz}}} \quad (7)$$

Keterangan: x = arus puncak pengukuran; \bar{x} = arus puncak rata-rata pengukuran; n = jumlah pengukuran; C = konsentrasi larutan standar.

Persen perolehan kembali ditentukan melalui pengukuran larutan standar Cd (II) 500 ppb. Konsentrasi larutan yang diperoleh dari hasil pengukuran dibandingkan dengan konsentrasi larutan sebenarnya sehingga persen perolehan kembali dapat ditentukan.

Sampel sayuran berupa sayur sawi dan kubis langsung dipetik dari perkebunan sayur di daerah Bedugul, Jalan Raya Candi Kuning-Bedugul, Tabanan-Bali, seperti terlihat pada Gambar 2. Letak kebun sayur kira-kira 1,5 m jaraknya dari Jalan Raya Candi Kuning-Bedugul, sebelah utara dan selatan kebun merupakan pemukiman warga.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel

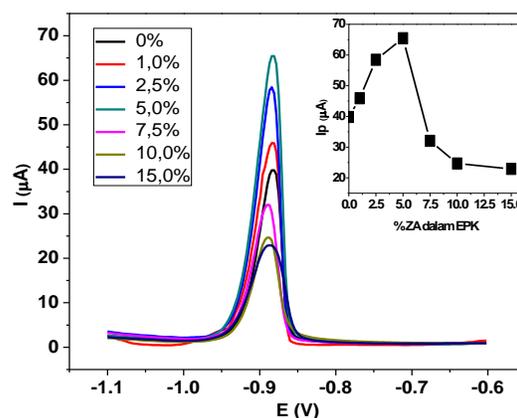
Sampel sawi dan kubis dicuci, dikeringkan di udara terbuka yang tidak terkena sinar matahari langsung. Selanjutnya sampel dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama ± 2 jam untuk menghilangkan kandungan airnya. Selanjutnya sampel digerus hingga halus. Sebanyak 1,00 g sampel campuran sawi dan kubis dimasukkan ke dalam labu destruksi, ditambahkan larutan aqua regia (HNO_3 pekat : HCl pekat = 1:3) sebanyak 16 mL. Selanjutnya sampel dipanaskan di atas *hotplate* selama kurang lebih 15 menit sampai tidak terbentuk gas. Hasil destruksi didinginkan, disaring, dan filtratnya dimasukkan dalam labu ukur 25 mL, kemudian diencerkan dengan akuabides sampai tanda batas. Larutan sampel siap dianalisis.

Pengukuran sampel dilakukan dengan menggunakan EPKZA komposisi terbaik pada kondisi optimum dengan metode adisi standar. Sebanyak 1 mL sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian ditambahkan larutan standar Cd(II) 1000 ppb, masing-masing sebanyak 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 mL, diencerkan dengan larutan asam nitrat 0,1 M sampai batas tertentu, kemudian dilakukan pengukuran arus puncak dari masing-masing larutan.

Kurva adisi standar diperoleh dengan membuat plot antara arus puncak hasil pengukuran dengan konsentrasi standar larutan logam, yang menghasilkan persamaan regresi linear $y = a + bx$. Ketika garis yang dihasilkan diekstrapolasi ke sumbu y sama dengan nol, titik intersepsi absis adalah konsentrasi dari analit dalam sampel, $-C_s = C_x$, yaitu C_s konsentrasi standar dan C_x konsentrasi analit [8].

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Komposisi EPKZA, Waktu Deposisi dan Laju Pindai Optimum



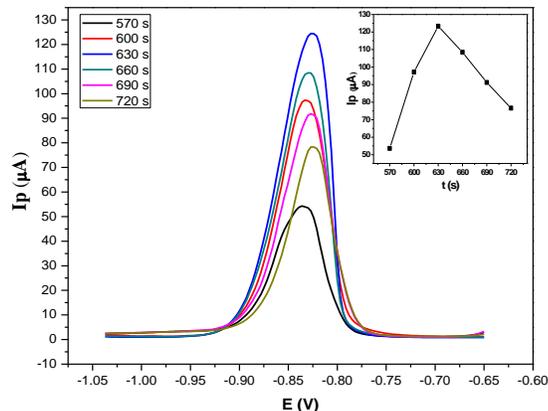
Gambar 3. Komposisi EPKZA Optimum

Gambar 3 menunjukkan bahwa EPK tanpa *modifier* (komposisi 0%) memberikan arus puncak yang lebih rendah jika dibandingkan dengan EPK termodifikasi. Semakin besar komposisi ZA dalam EPK semakin tinggi arus puncak yang dihasilkan, sampai pada komposisi ZA optimum, yaitu pada komposisi 5%. Selanjutnya arus puncak semakin turun dengan meningkatnya komposisi ZA. Komposisi grafit, cairan pengikat (parafin), dan *modifier* sangat mempengaruhi respon elektroda. Peningkatan komposisi tiap fraksi dapat menurunkan kecepatan transfer elektron dan arus latar akan meningkat [1]. Zeolit (ZA) sebagai *modifier* dalam EPK menjadi mediator transfer elektron dalam voltametri pelucutan anodik, karena

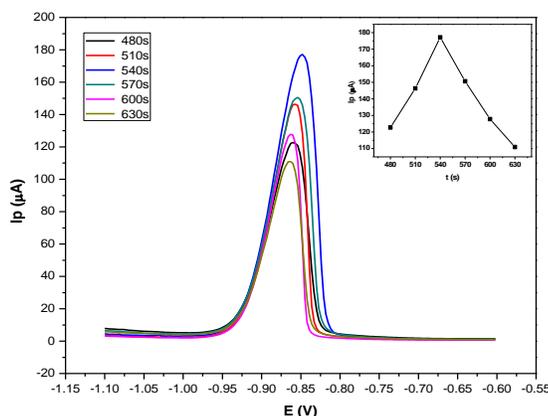
zeolit memiliki luas permukaan, kapasitas adsorpsi dan penukar ion yang tinggi. Zeolit disebut sebagai *molecular sieve* (saringan molekular) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekular sehingga mampu memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai struktur pori yang terbuka dengan ukuran rongga tertentu dan luas permukaan yang besar sehingga mampu menyerap sejumlah besar molekul yang lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya [3].

Pada Gambar 4(a) dan 4(b) menunjukkan waktu deposisi optimum EPK tanpa *modifier* adalah 630 s, sedangkan EPKZA 540 s. Waktu deposisi pengukuran menggunakan EPKZA lebih kecil dibandingkan dengan EPK tanpa *modifier*. Hal ini disebabkan penambahan *modifier* ZA dalam elektroda kerja berfungsi sebagai mediator transfer elektron yang membantu proses prekonsentrasi berlangsung lebih cepat pada metode voltametri pelucutan anodik. Zeolit yang memiliki ukuran pori dan luas permukaan yang besar mampu menyerap analit dalam jumlah yang banyak, sehingga analit terakumulasi lebih banyak dalam waktu yang lebih cepat di permukaan elektroda EPKZA.

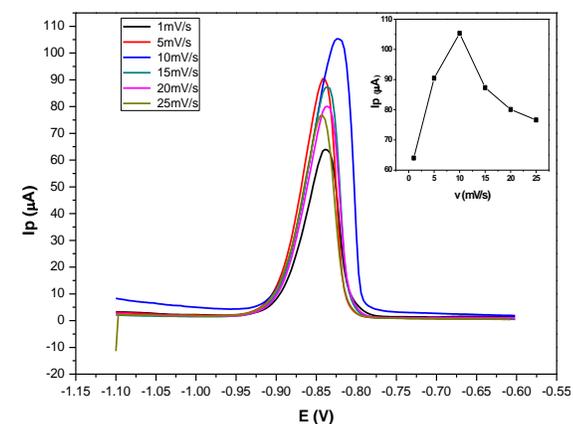
Pemberian rentang potensial yang lebar dalam waktu singkat akan membuat laju pindai semakin besar, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran dalam voltametri pelucutan anodik akan lebih cepat. Adanya *modifier* pada elektroda kerja dapat mempercepat kesetimbangan difusi ion logam, sehingga migrasi ion lebih cepat menuju permukaan elektroda. Dengan demikian arus puncak tertinggi akan dihasilkan oleh laju pindai yang lebih besar pada pengukuran dengan elektroda kerja termodifikasi dibandingkan dengan laju pindai pada pengukuran dengan elektroda kerja tanpa *modifier* [9].



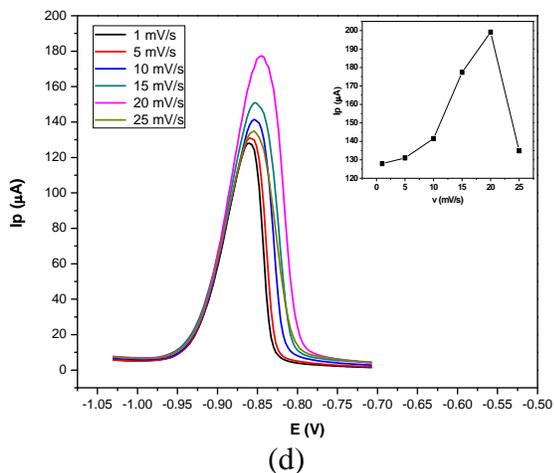
(a)



(b)



(c)



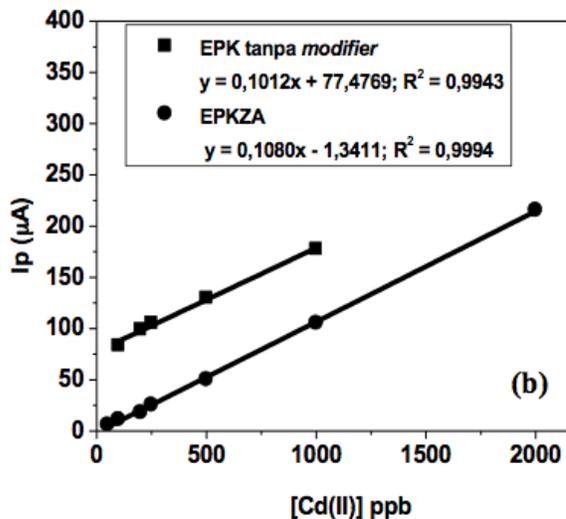
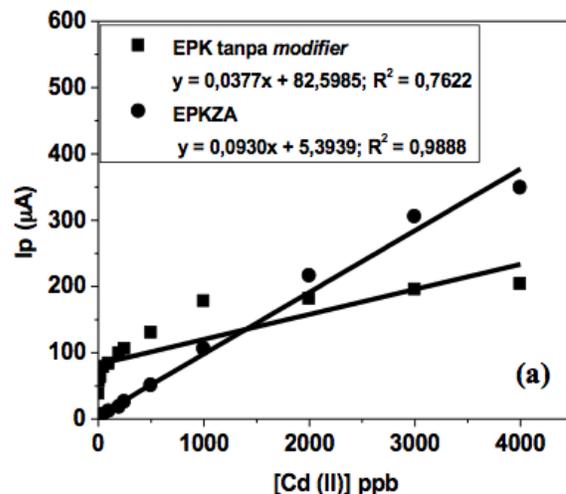
Gambar 4. Voltamogram pengukuran kondisi optimum: waktu deposisi EPK (a) dan EPKZA (b); laju pindai EPK (a) dan EPKZA (b)

Pada Gambar 4(c) menunjukkan laju pindai optimum menggunakan EPK tanpa *modifier* yaitu 10 mV/s dan Gambar 4(d) memperlihatkan laju pindai optimum menggunakan EPKZA lebih besar dari EPK tanpa *modifier* yaitu 20 mV/s.

3.2 Rentang Konsentrasi Linear dan LOD

Pada Gambar 5(a) menunjukkan bahwa pada rentang konsentrasi 5-4000 ppb, jika dilihat dari nilai R^2 yang diperoleh belum mendekati satu, maka pengukuran larutan standar Cd(II) dengan EPK tanpa *modifier* maupun dengan EPKZA 5% belum linear. Linearitas pengukuran dengan EPK tanpa *modifier* berada pada rentang 100-1000 ppb, sedangkan pada EPKZA 5% berada pada rentang yang lebih luas yaitu 50-2000 ppb, terlihat pada Gambar 5(b).

Pada Gambar 5 memperlihatkan setiap pengukuran menggunakan EPKZA selalu menghasilkan nilai R^2 lebih besar dibandingkan dengan pengukuran dengan EPK tanpa *modifier*. Begitu juga nilai slope yang diperoleh lebih besar yang menandakan pengukuran dengan EPKZA dalam metode voltametri pelucutan anodik



Gambar 5. Rentang Konsentrasi yang diamati (atas) dan Rentang Konsentrasi Linier (bawah) untuk EPK dan EPKZA dalam Pengukuran Cd(II)

lebih sensitif daripada menggunakan EPK tanpa *modifier*.

Nilai LOD yang diperoleh menggunakan EPKZA dalam pengukuran larutan standar logam Cd(II) lebih kecil yaitu 58,41 ppb, dibandingkan pengukuran dengan EPK tanpa *modifier* yaitu 94,38 ppb. Hal ini menandakan EPKZA 5% mampu mendeteksi logam Cd(II) pada konsentrasi

yang lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran menggunakan EPK tanpa *modifier*.

3.3 Keberulangan dan Persen Perolehan Kembali

Keseksamaan suatu metode dapat dinyatakan sebagai keberulangan (*repeatability*), jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi sama dan dalam interval waktu yang pendek. Pada penelitian ini pengukuran arus puncak larutan standar Cd(II), 1 ppm diulang sebanyak 10 kali menggunakan EPKZA 5%. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa rasio HorRat untuk Cd(II) adalah 0,1056. Berdasarkan AOAC (2011) [10] nilai keberulangan yang bisa diterima adalah jika nilai HorRat berkisar antara nol sampai dua. Dengan demikian, pengukuran larutan standar Cd(II) menggunakan EPKZA dengan teknik voltametri pelucutan anodik memiliki keseksamaan yang baik, dan memenuhi syarat yang ditetapkan.

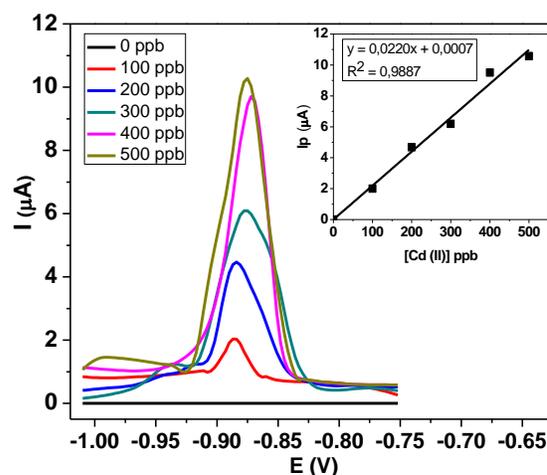
Untuk penentuan persen perolehan kembali, EPKZA 5% digunakan untuk mengukur larutan standar logam Cd(II) 500 ppb, dan diulang sebanyak 3 kali. Arus puncak yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear pada rentang konsentrasi 50-2000 ppb, sebagai nilai y, sehingga nilai x dapat dihitung. Selanjutnya nilai x yang diperoleh sebagai konsentrasi larutan standar hasil pengukuran dibandingkan dengan konsentrasi larutan standar sebenarnya 500 ppb. Perolehan kembali pengukuran dengan EPKZA 5% logam Cd(II) yaitu $99,28 \pm 3,12$ %. Berdasarkan peraturan AOAC (2011) [10], nilai persen perolehan kembali yang dapat diterima untuk pengukuran analit berada pada rentang 80-110%. Dengan demikian, pengukuran larutan standar Cd(II) dengan EPKZA menunjukkan akurasi

pengukuran yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan.

3.4 Analisis Sampel

Pada Gambar 6 menyajikan voltamogram dan kurva adisi standar hasil pengukuran arus puncak logam Cd(II) dalam campuran larutan sampel dan standar logam 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 ppb menggunakan EPKZA 5%. Arus puncak logam Cd(II) dalam sampel berada pada potensial -0,90 s/d -0,85 Volt.

Ketika garis yang dihasilkan dari kurva adisi standar pada Gambar 6 diekstrapolasi ke sumbu y sama dengan nol, maka diperoleh konsentrasi Cd(II) dalam sampel adalah 0,0318 ppb.



Gambar 6. Voltamogram dan Kurva Adisi Standar Pengukuran Cd(II) dalam Sampel

4. KESIMPULAN

Adanya *modifier* berupa zeolit teraktivasi asam pada elektroda pasta karbon (EPKZA) memberikan respon berupa arus puncak yang lebih tinggi dibandingkan EPK tanpa modifikasi dalam analisis logam berat Cd(II) dengan metode voltametri pelucutan

anodik. EPKZA komposisi 5% menghasilkan rentang konsentrasi linear yang lebih luas, limit deteksi yang lebih rendah dibandingkan pengukuran menggunakan EPK tanpa *modifier*. Demikian pula nilai keberulangan pengukuran menghasilkan nilai HorRat yang lebih kecil dari dua, sehingga metode ini memiliki keseksamaan yang baik, dan memiliki akurasi yang sangat baik karena hasil persen perolehan kembali telah mendekati 100%. Konsentrasi logam Cd(II) dalam sampel sawi dan kubis jauh dibawah batas maksimum yang diperbolehkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti di laboratorium penelitian Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Wang, J. 2001. *Analytical Electrochemistry*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Son.
2. Keawkim, K., Chuanuwatanakul, S., and Chailapakul, O. 2013. Determination of Lead and Cadmium in Rice Samples by Sequential Injection/Anodic Stripping Voltammetry using a Bismuth Film/Crown Ether/Nafion Modified Screen-printed Carbon Electrode. *Food Control*, 31(1):14-21.
3. Senthilkumar, S. and Saraswathi, R. 2009. Electrochemical Sensing of Cadmium and Lead Ions at Zeolite-modified Electrodes: Optimization and Field Measurements. *India Sensors and Actuators B*, 14(1): 65-75.
4. Pebrianti, T. 2009. "Elektroda Film Emas pada Pasta Karbon Termodifikasi Zeolit Untuk Pengukuran Hg(II) Menggunakan Teknik Stripping Voltammetry" (*Tesis*). Bandung: ITB.
5. Xu, R., Pang, W., and Yu, J. 2007. *Chemistry of Zeolites and Related Porous Materials Synthesis and Structure*. Singapore: John Wiley & Sons (Asia).
6. Buchori, L., dan Budiyono. 2003. Aktivasi Zeolit dengan Menggunakan Perlakuan Asam dan Kalsinasi. *Seminar Nasional Terkini Kimia Indonesia*. Yogyakarta, 16-17 September.
7. Hibbert, D.B., and Gooding, J.J. 2006. *Data Analysis for Chemistry : An Introductory Guide for Student and Laboratory Scientists*. New York: Oxford University Press Inc.
8. Miller, J. C. and Miller, J. N. 1993. *Statistics for Analytical Chemistry*. 3rd Ed. London: Ellis Horwood PTR Prentice Hall.
9. Yulianto, E., dan Setiarso, P. 2014. Pembuatan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Kitosan untuk Analisis Cr (VI) secara Cyclic Stripping Voltammetry. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Surabaya, 20 September.
10. AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2011. Definitions and Calculations of Horrat Value from Intralaboratory Data. *AOAC International*, Oct., [cited 2015 Aug. 3]. Available from: URL: <http://www.aoac.org>
11. Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7387: 2009 Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. Jan., [cited 2016 Jan. 10]. Available from: URL: <http://sisni.bsn.go.id>