

## TEKNIK VOLTAMETRI PELUCUTAN ANODIK UNTUK PENENTUAN KADAR LOGAM Cu(II) PADA AIR LAUT PELABUHAN BENOA

Irdhawati\*, Emmy Sahara, dan I Wayan Hermawan\*

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali*

*\*E-mail : irdhawati@unud.ac.id, wayan\_hermawan@yahoo.com*

### ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran logam Cu(II) menggunakan teknik voltametri pelucutan anodik, dengan menentukan arus puncak larutan standar logam Cu(II) serta kadar logam tersebut pada sampel air laut Pelabuhan Benoa. Waktu deposisi dan kecepatan pindai dioptimasi sebelum validasi. Parameter validasi yang dilakukan yaitu rentang konsentrasi linier, limit deteksi, keberulangan pengukuran, dan persen perolehan kembali. Sampel air laut Pelabuhan Benoa diambil pada dua lokasi berbeda yaitu Dermaga Ikan Tuna dan Dermaga 2.

Hasil penelitian menunjukkan waktu deposisi dan kecepatan pindai optimum sebesar 540 detik dan 7 mV/s. Rentang konsentrasi linier berada pada 50 ~ 1000 ppb dengan koefisien korelasi 0,9998 dan limit deteksi sebesar 29 ppb. Keberulangan pengukuran memiliki rasio Horwitz sebesar 0,05 yang lebih kecil dari 2 dan persen perolehan kembali sebesar 100,58%. Konsentrasi logam Cu(II) pada air laut Dermaga Ikan Tuna sebesar 188 ppb dan Dermaga 2 sebesar 117 ppb. Kadar logam Cu(II) yang terukur pada kedua lokasi sampling melebihi baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.

Kata kunci : voltametri pelucutan anodik, air laut, logam Cu, glassy carbon

### ABSTRACT

In this research, determination of Cu(II) using anodic stripping voltammetry were conducted by measuring the current peak of Cu(II) standard solution and the concentration of the metals in the seawater around Benoa Port. Deposition time and scan rate was optimized before validation. Parameters of the method validation examined were linear range concentration, limit of detection, repeatability, and % recovery. Seawater samples were collected from two different locations, which were Dermaga Ikan Tuna and Dermaga 2.

The result showed the optimum deposition time and scan rate were 540 s and 7 mV/s. Linear range concentrations were 50 to 1000 ppb with correlation coefficient of 0,9998 and the detection limit of 29 ppb. Horwitz Ratio (HorRat) factor was obtained less than 2 for repeatability measurement and percent recovery was 100.58%. The concentration of Cu(II) was found to be 188 ppb in Dermaga Ikan Tuna and 117 ppb in Dermaga 2. The concentration of Cu(II) in the seawater around Benoa Port was higher than the threshold according to Ministry of Environment Regulation No. 51/2004 for Seawater Quality Standard.

Keywords : anodic stripping voltammetry, seawater, Cu, glassy carbon

### PENDAHULUAN

Pelabuhan Benoa adalah salah satu pelabuhan yang terdapat di Provinsi Bali dengan banyak aktivitas seperti tempat wisata, bersandar kapal-kapal penumpang, dan berbagai aktivitas nelayan. Banyaknya aktivitas di Pelabuhan Benoa

dapat menjadi sumber masuknya pencemar seperti logam berat.

Unsur logam berat adalah unsur dengan berat jenis lebih dari 5 g/cm<sup>3</sup>. Salah satu unsur logam berat adalah tembaga atau pada tabel periodik unsur dilambangkan dengan Cu (Connel, 2005). Tembaga dalam konsentrasi yang kecil

merupakan unsur yang dibutuhkan oleh organisme hidup namun akan menjadi toksik pada konsentrasi yang tinggi. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, kadar maksimum logam Cu untuk perairan pelabuhan adalah 0,05 ppm.

Penentuan kadar logam berat umumnya menggunakan teknik *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) dengan menggunakan nyala dalam proses atomisasi, namun teknik AAS dengan menggunakan nyala memiliki kelemahan yaitu kurang efisien pada saat proses atomisasi. Hal ini dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama, mayoritas kabut yang dihasilkan selama proses pengkabutan terlalu besar untuk dibawa oleh gas pembawa menuju nyala sehingga hanya sekitar 10% larutan yang dapat sampai pada nyala. Kedua, volume gas pembawa yang besar menghilangkan atom yang akan dianalisis. Selain itu, teknik AAS tidak dapat mengukur kadar logam secara simultan sehingga penentuan kadar logam dilakukan satu persatu (Harvey, 2000). Teknik lain yang digunakan dalam penentuan kadar logam adalah teknik *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) (Ho, *et al.*, 2010). Hasil penelitian yang dilakukan Ho, *et al.* (2010) menunjukkan bahwa dalam penentuan kadar logam Pb, Cd, dan Cu pada sampel air laut masing-masing memiliki limit deteksi 0,8 ppt, 0,4 ppt, dan 11,0 ppt. Berdasarkan hasil tersebut, teknik ICP-MS memiliki keunggulan dengan memiliki limit deteksi yang lebih rendah dibandingkan AAS. Teknik ICP-MS memiliki keunggulan lain yaitu dapat menentukan kadar logam dalam suatu sampel secara simultan. Namun, teknik ICP-MS memiliki kelemahan jika digunakan untuk analisis kadar logam pada sampel air laut. Kandungan garam yang tinggi pada air laut dapat menjadi pengganggu dalam penentuan kadar logam yang dianalisis. Oleh karena itu, sebelum dilakukan analisis kadar logam pada sampel air laut dengan teknik ICP-MS perlu dilakukan preparasi khusus pada sampel untuk meminimalisasi gangguan-gangguan tersebut (Ho, *et al.*, 2010).

Voltametri adalah salah satu teknik elektrokimia yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam analisis logam. Prinsip analisis voltametri adalah pengukuran arus yang dihasilkan dari reaksi redoks analit karena adanya potensial

yang dialirkan (Bard and Faulkner, 2001). Pada teknik voltametri elektroda kerja yang digunakan berukuran sangat kecil sehingga memiliki sensitivitas tinggi dan limit deteksi pada skala ppb. Keunggulan lain pada teknik voltametri adalah preparasi sampel dan penggunaan instrumen yang mudah. Selain itu, teknik voltametri juga dapat mengukur kadar logam pada suatu sampel secara simultan (Zhang, *et al.*, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhang, *et al.* (2010), penentuan kadar logam secara Pb, Cd, dan Cu secara simultan dengan menggunakan teknik voltametri pelucutan masing-masing memiliki limit deteksi 16,58 ppb, 10,12 ppb, dan 38,13 ppb.

Teknik voltametri yang sering digunakan dalam analisis kandungan logam pada sampel tertentu adalah teknik voltametri pelucutan anodik. Pada voltametri pelucutan anodik terdapat dua tahap yang terjadi selama analisis yaitu deposisi dan pelucutan (*stripping*). Pada tahap deposisi, ion logam akan direduksi pada permukaan elektroda dan dioksidasi kembali saat proses pelucutan (*stripping*) (Wang, 2001).

Kinerja dari teknik voltametri sangat dipengaruhi oleh material elektroda kerja. Elektroda kerja yang banyak digunakan antara lain adalah elektroda raksa, elektroda karbon, atau elektroda logam mulia (terutama platina dan emas). Penggunaan elektroda kerja berbasis raksa memerlukan penanganan khusus karena sifatnya yang beracun. Selain itu, elektroda raksa juga memiliki kekurangan pada rentang potensial anoda yang pendek, sehingga tidak dapat digunakan untuk pengukuran senyawa-senyawa yang mudah teroksidasi. Elektroda alternatif yang biasa digunakan adalah elektroda yang berbahan padatan. Elektroda padat memiliki keunggulan karena lebih aman dan rentang potensial anoda yang lebih luas. Bahan padat yang sering digunakan sebagai elektroda kerja adalah karbon, platina, dan emas. Elektroda yang berbasis karbon adalah salah satu elektroda sedang berkembang dalam elektroanalisis karena memiliki keunggulan, diantaranya rentang potensial yang luas, harga yang murah, inert, dan dapat diaplikasikan untuk bermacam-macam sensor (Wang, 2001).

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96%, KCl, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O, dan aquabides. Semua bahan tersebut berasal dari Merck. Untuk membersihkan permukaan *glassy carbon* digunakan pasta alumina 0,05 μM.

### Peralatan

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah: Potentiostat Ingsens 1030, pH meter mother tool pH-230SD, elektroda kerja *glassy carbon* BAS (*Bioanalytical System*), elektroda pembanding Ag/AgCl, elektroda pembantu kawat platina, adaptor, neraca analitik, pengaduk magnetik, pipet mikro, kawat tembaga tunggal, kawat perak, kawat platina, dan berbagai peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium.

### Cara Kerja

#### Pengambilan Sampel

Sampel air laut diambil pada dua lokasi berbeda sesuai pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Air Laut

Pada setiap titik pengambilan, sampel diambil sebanyak 500 mL dan ditambahkan 1 mL asam sulfat 1 M.

#### Penentuan Waktu Deposisi Optimum

Elektroda kerja *glassy carbon*, elektroda pembanding Ag/AgCl, dan elektroda pembantu kawat platina dimasukkan ke dalam sel voltametri

yang berisi 10 mL larutan standar logam Cu 1 ppm. Parameter pengukuran yang diterapkan yaitu, potensial deposisi -1,2 V, variasi waktu deposisi 450, 480, 510, 540, dan 570 detik, kecepatan pengadukan 2000 rpm, dan waktu diam (*quiet time*) 20 detik. Kecepatan scan diatur 7 mV/detik dan potensial pelucutan dipindai dari -0,4 sampai +0,1 V.

#### Penentuan Kecepatan Pindai Optimum

Elektroda kerja *glassy carbon*, elektroda pembanding Ag/AgCl, dan elektroda pembantu kawat platina dimasukkan ke dalam sel voltametri yang berisi 10 mL larutan standar logam 1 ppm. Parameter pengukuran yang diterapkan yaitu, potensial deposisi -1,2 V, kecepatan pengadukan 2000 rpm selama waktu deposisi optimum, dan waktu diam (*quiet time*) 20 detik. Pada alat, kecepatan scan diperoleh dari hasil pembagian kenaikan pulsa dengan perioda pulsa. Kenaikan pulsa diatur bervariasi mulai dari 1, 3, 5, 7, dan 9 mV sedangkan perioda pulsa diatur tetap 1 detik, sehingga diperoleh variasi kecepatan scan 1, 3, 5, 7, dan 9 mV/detik. Potensial pelucutan dipindai dari -0,4 sampai +0,1 V.

#### Penentuan Rentang Konsentrasi Linier

Penentuan rentang konsentrasi linier dan limit deteksi dilakukan dengan mengukur arus puncak dari larutan standar Cu(II) pada waktu deposisi optimum dan kecepatan scan optimum. Pengukuran dilakukan pada rentang konsentrasi larutan standar antara 5 ppb~4000 ppb.

#### Limit Deteksi

Data rentang konsentrasi linier yang diperoleh dihitung persamaan garis dan data persamaan garis selanjutnya digunakan untuk menghitung limit deteksi. Limit deteksi ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Hibbert and Gooding, 2006).

$$LD = \frac{3 \times S_{y/x}}{b}$$

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

Keterangan:

$S_{y/x}$  = standar deviasi

$b$  = Slope

$\hat{y}$  = nilai  $y$  yang diperoleh dari persamaan garis

**Keberulangan Pengukuran**

Keberulangan atau presisi ditentukan dengan mengukur arus yang dihasilkan oleh 10 mL larutan standar Cu(II) 1 ppm pada kondisi pengukuran optimum secara berulang sebanyak 10 kali pengukuran. Selanjutnya *standard deviation* (SD), *relative standard deviation* (RSD), dan *coefficient variation* (CV) dari beberapa ulangan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Hibbert and Gooding, 2006).

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

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}}$$

$$CV = RSD \times 100\%$$

Nilai RSD pengukuran dihitung dari hasil bagi nilai *standard deviation* (SD) dengan nilai konsentrasi rata-rata dari 10 kali pengulangan pengukuran.

Prediksi CV menurut Horwitz dihitung sesuai dengan persamaan berikut.

$$CV_{Horwitz} = 2^{1-(0,5 \log C)}$$

Keterangan: C adalah konsentrasi analit pada satuan kg.

Keberulangan pengukuran dihitung dengan menggunakan *Horwitz Ratio* (HorRat). *Horwitz Ratio* diperoleh dari hasil bagi CV dengan  $CV_{Horwitz}$ .

$$HorRat = \frac{CV}{CV_{Horwitz}}$$

Nilai Rasio Horwitz yang dapat diterima untuk keberulangan pengukuran yang adalah < 2 (AOAC, 2004).

**Persen Perolehan Kembali**

Persen perolehan kembali ditentukan dengan mengukur arus puncak larutan standar logam Cu(II) 200 ppb dan perhitungan dilakukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\% \text{Perolehan Kembali} = \frac{\text{konsentrasi larutan standar hasil pengukuran}}{\text{konsentrasi larutan standar sebenarnya}} \times 100\%$$

Berdasarkan peraturan AOAC (1998), nilai persen perolehan kembali yang dapat diterima untuk pengukuran analit berada pada rentang 80 % sampai 110 %.

**Penentuan Kadar logam Cu(II) pada sampel**

Kadar logam Cu ditentukan dengan menggunakan metode adisi standar. Sampel dan larutan standar dimasukkan ke dalam 5 buah labu ukur 10 mL yang berbeda dengan komposisi volume seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Sampel dan Larutan Standar

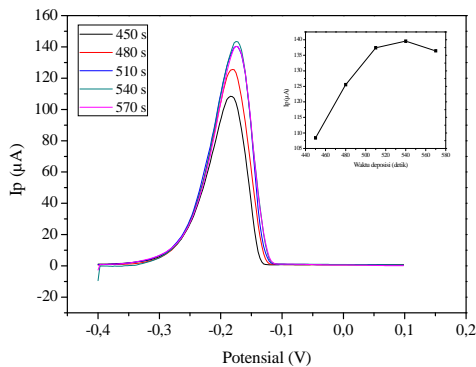
Labu ukur 10 mL	Cstandar (ppb)	Vsampel (mL)	V larutan standar 1 ppm (μL)
1	0	1	0
2	40	1	400
3	80	1	800
4	120	1	1200
5	160	1	1600

Kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 M hingga tanda batas. Pengukuran kadar logam dilakukan pada kondisi waktu deposisi dan kecepatan pindai optimum. Selanjutnya dibuat kurva adisi standar yaitu plot antara konsentrasi larutan standar yang ditambahkan pada sumbu x dan arus puncak (ip) dari voltamogram pada masing-masing konsentrasi pada sumbu y. Konsentrasi Cu(II) pada sampel air laut ditentukan dengan mensubstitusi nilai y = 0 ke dalam persamaan garis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan Waktu Deposisi Optimum**

Penentuan waktu deposisi optimum bertujuan untuk mengetahui waktu terbaik analit yang akan dianalisis terdeposisi di permukaan elektroda kerja. Menurut Apriliani (2009), arus puncak semakin meningkat pada waktu deposisi yang semakin lama karena jumlah ion logam yang terdeposisi pada permukaan elektroda kerja semakin tinggi hingga menjadi jenuh pada waktu deposisi tertentu. Larutan standar logam yang digunakan adalah larutan standar logam Cu(II) dengan konsentrasi 1 ppm. Data voltamogram penentuan waktu deposisi optimum larutan standar Cu(II) 1 ppm ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



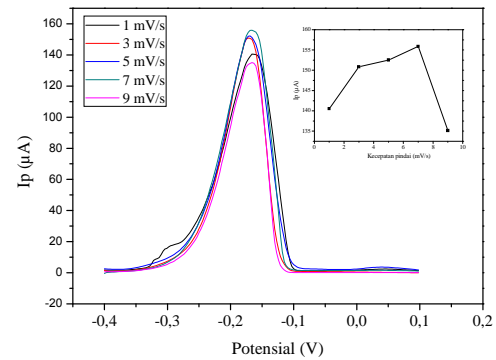
Gambar 2. Voltamogram Larutan Standar Cu(II) 1 Ppm dengan Variasi Waktu Deposisi

Gambar 2 menunjukkan bahwa lama waktu deposisi berpengaruh terhadap arus puncak yang dihasilkan. Arus puncak mengalami peningkatan sebelum waktu deposisi optimum dan konstan setelah melewati waktu deposisi optimum. Hal ini membuktikan sebelum waktu deposisi optimum ion logam belum jenuh pada permukaan elektroda sedangkan setelah waktu deposisi optimum permukaan elektroda kerja sudah jenuh dengan ion logam, sehingga arus puncak cenderung konstan (Apriliani, 2009). Dari hasil penelitian diperoleh waktu deposisi larutan standar logam Cu(II) 1 ppm adalah 540 detik.

#### Penentuan Kecepatan Pindai Optimum

Penentuan kecepatan pindai optimum bertujuan untuk mengetahui kecepatan pindai terbaik sehingga arus puncak yang dihasilkan adalah arus puncak dari seluruh analit yang terdeposisi pada permukaan elektroda. Menurut Yulianto dan Setiarso (2014), semakin tinggi kecepatan pindai maka semakin tinggi arus puncak yang dihasilkan karena dengan kecepatan pindai yang tinggi lapisan difusi yang terbentuk akan tipis sehingga transfer elektron di sekitar permukaan elektroda kerja berlangsung dengan baik. Namun, jika kecepatan pindai terlalu tinggi maka lapisan difusi yang terbentuk di sekitar permukaan elektroda terlalu tipis sehingga transfer elektron tidak berlangsung dengan baik dan analit tidak teroksidasi keseluruhan. Sebaliknya, kecepatan pindai yang kecil akan mempertebal lapisan difusi pada permukaan elektroda kerja, namun kecepatan scan yang terlalu kecil akan membuat lapisan

difusi terlalu tebal sehingga transfer elektron menjadi terhambat. Data voltamogram pengukuran kecepatan pindai larutan standar Cu(II) sesuai dengan Gambar 3.

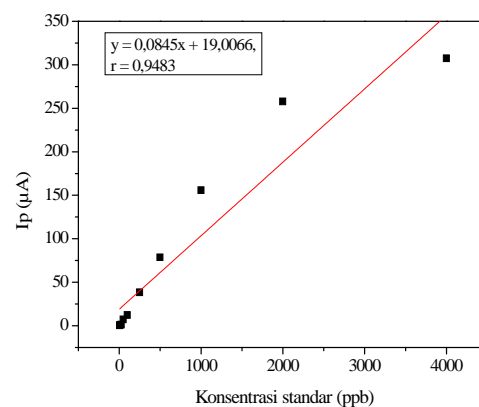


Gambar 3. Voltamogram Larutan Standar Cu(II) 1 ppm dengan Variasi Kecepatan Pindai

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh kecepatan pindai optimum larutan standar Cu(II) sebesar 7 mV/s.

#### Penentuan Rentang Konsentrasi Linier

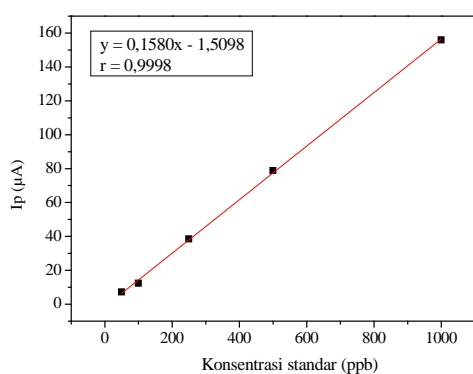
Rentang konsentrasi linier larutan standar Cu(II) ditentukan dengan membuat larutan standar dengan rentang konsentrasi 5 ppb ~ 4000 ppb dan pengukuran arus puncak dilakukan pada kondisi optimum. Kurva kalibrasi larutan standar Cu(II) ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu(II) pada Rentang konsentrasi 5 ppb~4000 ppb

Gambar 4 menunjukkan nilai koefisien korelasi pada rentang 5 ppb ~ 4000 ppb tidak mendekati satu sehingga pada rentang tersebut bukan merupakan rentang konsentrasi linier.

Pada konsentrasi 50 ppb~1000 ppb kenaikan arus puncak berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi, sehingga memberikan hubungan yang linier antara konsentrasi dengan arus puncak. Jika data arus puncak pada rentang konsentrasi 50 ppb~1000 ppb dihubungkan dan dibuat kurva kalibrasi maka diperoleh persamaan garis sesuai Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu(II) pada Rentang konsentrasi 50 ppb ~ 1000 ppb

Gambar 5 menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi dengan arus puncak yang dibuktikan dengan nilai regresi yang mendekati satu yaitu 0,9998. Dengan demikian rentang konsentrasi linier untuk larutan standar Cu(II) adalah 50 ppb~1000 ppb.

### Penentuan Limit Deteksi

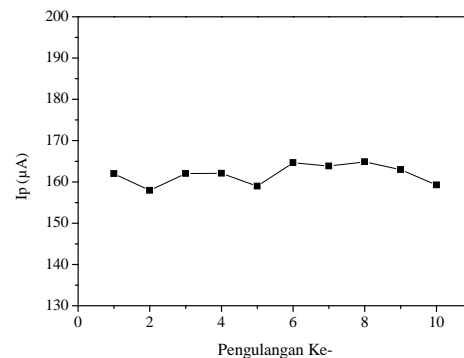
Penentuan limit deteksi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi terkecil dari analit yang memberikan sinyal yang bisa dibedakan dari sinyal blanko (Harvey, 2000). Hasil perhitungan menunjukkan limit deteksi dari larutan standar Cu(II) sebesar 29 ppb.

Limit deteksi menunjukkan kadar minimum ion logam Cu(II) yang dapat terdeteksi oleh instrumen. Jika kadar ion logam Cu(II) di dalam suatu sampel lebih rendah dari limit deteksi maka sulit membedakan antara arus puncak yang

dihasilkan oleh blanko dengan arus puncak yang dihasilkan oleh analit.

### Keberulangan Pengukuran

Data arus puncak yang diperoleh pada penentuan keberulangan pengukuran dibuat grafik seperti Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Keberulangan Pengukuran Larutan Standar Cu(II) 1 ppm

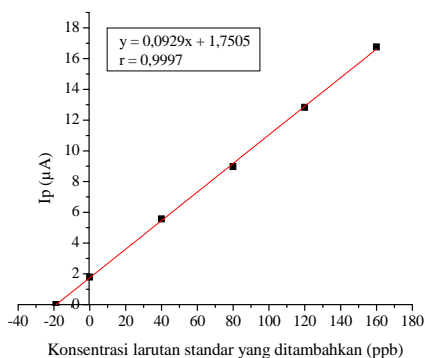
Nilai SD, RSD, CV, dan rasio Horwitz yang diperoleh masing-masing sebesar 2,4184, 0,0149, 1,49%, dan 0,05. Keberulangan pengukuran dapat dikatakan sangat baik jika nilai CV kurang dari 5% (Hibbert and Gooding, 2006). Berdasarkan peraturan AOAC (2004), nilai keberulangan pengukuran dapat diterima jika nilai rasio Horwitz kurang dari 2. Dengan demikian, pengukuran keberulangan larutan standar logam Cu(II) dengan menggunakan teknik voltametri pelucutan anodik memenuhi syarat dan dapat diterima.

### Penentuan Persen Perolehan Kembali

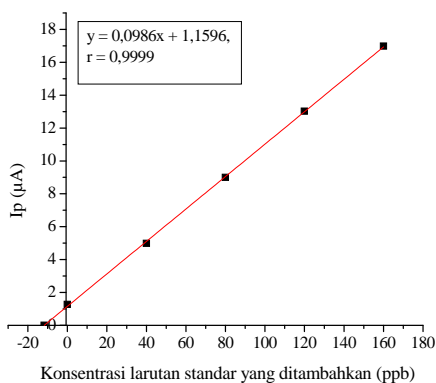
Hasil perhitungan persen perolehan kembali dari larutan standar Cu(II) adalah 100,58%. Berdasarkan peraturan AOAC (1998), nilai persen perolehan kembali yang dapat diterima untuk pengukuran analit berada pada rentang 80 % sampai 110 %. Dengan demikian, penentuan persen perolehan kembali larutan standar Cu(II) dengan teknik voltametri pelucutan anodik memenuhi syarat dan dapat diterima.

### Penentuan Kadar Logam Cu(II) Dalam Sampel Dengan Metode Adisi Standar

Kadar logam Cu(II) ditentukan dengan menggunakan metode adisi standar dengan komposisi penambahan larutan standar sesuai dengan Tabel 2. Data arus puncak yang diperoleh kemudian dibuat kurva adisi standar dan dihitung untuk mendapatkan persamaan garis. Kurva adisi standar dan persamaan garis sampel lokasi A dan B ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Kurva Adisi Standar Pengukuran Cu(II) pada Sampel Lokasi A (dermaga ikan tuna)



Gambar 8. Kurva Adisi Standar Pengukuran Cu(II) pada Sampel Lokasi B (dermaga 2)

Persamaan garis yang diperoleh menunjukkan kadar logam Cu(II) dapat diketahui dengan cara mensubstitusi nilai  $y = 0$  ke dalam persamaan garis. Kadar logam Cu(II) pada lokasi A adalah 188 ppb sedangkan pada lokasi B adalah 117 ppb. Kandungan logam Cu(II) pada kedua

lokasi sudah melewati baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa lokasi A memiliki kandungan Cu(II) yang lebih tinggi dari lokasi B. Hal ini disebabkan pada lokasi A terdapat banyak aktivitas nelayan seperti mengisi bbm, bongkar muat ikan, dan lain-lain. Sumber pencemar logam Cu pada air laut masing-masing disebabkan oleh pengikisan cat kapal dan pengawet kayu (Connel and Miller, 1995)

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Pengukuran validitas larutan standar Cu(II) dengan menggunakan teknik voltametri pelucutan anodik menunjukkan hasil yang baik. Rentang konsentrasi linier ketiga larutan standar 50 ppb~1000 ppb dengan koefisien korelasi 0,9998. Limit deteksi larutan standar Cu(II) sebesar 29 ppb. Keberulangan pengukuran larutan standar Cu(II) memiliki rasio Horwitz lebih kecil dari 2. Persen perolehan kembali larutan standar Cu(II) sebesar 100,58%.
2. Lokasi A (dermaga ikan tuna) dan lokasi B (dermaga 2) memiliki kandungan logam Cu(II) masing-masing sebesar 188 ppb dan 117 ppb. Hasil tersebut menunjukkan kandungan logam Cu(II) pada kedua lokasi tersebut sudah tercemar

### Saran

Perlu dilakukan modifikasi elektroda kerja seperti impregnasi senyawa organik atau membran yang lebih selektif terhadap analit. Selain itu juga perlu dilakukan pemurnian sampel sebelum dilakukan analisis agar tidak banyak pengganggu yang dapat dapat mempengaruhi arus puncak yang dihasilkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Pelabuhan Benoa yang telah memberi izin untuk pengambilan sampel air laut

### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist), 1998, *Peer-Verified Methods Program Manual Policies and Procedures*, AOAC International, MD, Gaithersburg
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist), 2004, *Definitions and Calculations of Horrat Values from intralaboratory Data*, AOAC International, MD, Gaithersburg
- Apriliani, R., 2009, Studi Penggunaan Kurkumin Sebagai Modifier Elektroda Pasta Karbon untuk Analisis Timbal (II) Secara Stripping Voltammetry, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Bard, A.W., and Faulkner, L.R., 2001, *Electrochemical Metodes Fundamentals and Applications*, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Connel, D.W., 2005, *Basic Consept of Environmental Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Ed., CRC Press, New York
- Connel, D.W. and G.J. Miller, 1995, *Chemistry and Ecology of Pollution*, a.b. Y. Koestoer, Universitas Udayana Press, Jakarta
- Harvey, D., 2000, *Modern Analytical Chemistry*, McGraw-Hill Comp, New York
- Hibbert, D.B. and Gooding, J.J., 2006, *Data Analysis for Chemistry: An Introductory Guide for Student and Laboratory Scientists*, Oxford University Press Inc., New York
- Ho, T.Y., Chien, C.T., Wang, B.N., and Siriraks, A., 2010, Determination Trace Metals in Seawater by an Automated Flow Injection ion Chromatograph Pretreatment System With ICP-MS, *Talanta*, 82: 1478-1484
- Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004, *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Laut Nomor 51*, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, Jakarta
- Wang, J., 2001, *Analytical Electrochemistry*, 2<sup>nd</sup> Ed., VCH Publisher, New York
- Yulianto, E. dan Setiarso, P., 2014, Pembuatan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Kitosan untuk Analisis Cr(VI) secara *Cyclic stripping Voltammetry*, *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Universitas Negeri Semarang, 20 September 2014, 14-26
- Zhang, P., Dong, S., and Huang, T., 2010, Simultaneous Determination of Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, and Hg<sup>2+</sup> at a Carbon Paste Electrode Modified With Ionic Liquid-functionalized Ordered Mesoporous Silica, *Korean Chem.Soc.*, 31(10): 2949-2954