

ANALISIS SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) KLORIDA MENGUNAKAN VARIASI ELEKTRODA KERJA EMAS DENGAN TEKNIK VOLTAMMETRI GELOMBANG PERSEGI

Tiurma Nainggolan¹, dan Hardoko Insan Qudus^{2*}

¹ Mahasiswa Jurusan Kimia, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

² Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Lampung Bandar Lampung, 35145

hardoko.insan@fmipa.unila.ac.id

Artikel Info

Diterima
tanggal
21.06. 2016

Disetujui
publikasi
tanggal
16.09.2016

Kata kunci :

Elektroda,
modifikasi
polipirol,
nanopartikel
emas,
Voltammetri

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis senyawa trifeniltimah(IV) klorida menggunakan variasi elektroda kerja emas dengan teknik voltammetri gelombang persegi. Senyawa trifeniltimah(IV) klorida merupakan senyawa induk yang telah banyak disintesis turunannya. Untuk memvalidasi metode tersebut, maka dilakukan pembuatan larutan standar trifeniltimah(IV) klorida yang divariasikan konsentrasinya dan diuji dengan variasi elektroda kerja emas fabrikasi, elektroda emas modifikasi polipirol dan elektroda emas modifikasi polipirol nanopartikel emas. Pengukuran larutan standar trifenil-timah(IV) klorida diamati dengan teknik voltammetri gelombang persegi pada jendela potensial 700 - 1400 mV dengan laju selusur potensial 100 mV/detik, menggunakan elektroda pembanding (Pt) dan elektroda acuan (kawat Ag). Validasi metode meliputi empat parameter yaitu linieritas, LOD, presisi, dan akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa validasi metode analisis dengan teknik voltammetri gelombang persegi memberikan hasil yang lebih baik pada elektroda kerja modifikasi emas nanopartikel emas ($r = 0,9943$; $LOD = 1,23 \times 10^{-10}$ M, $RSD = 0,31$ %, dan akurasi : tidak terjadi bias).

PENDAHULUAN

Modifikasi pada permukaan elektroda emas telah dilakukan oleh Rahayu dan Kurniawan (2011), yaitu dengan menggunakan emas-polipirol dan emas-polipirol-nanopartikel emas yang digunakan untuk mendeteksi adanya kromium secara voltammetri. Qudus (2010), telah melakukan oksidasi senyawa trifeniltimah(IV) klorida menggunakan elektroda emas secara voltammetri siklik. Hingga saat ini telah banyak senyawa turunan trifeniltimah(IV) klorida dan atau organotimah(IV) yang telah disintesis dan diujicoba untuk antikanker (Hadi dan Rilyanti, 2010; Hadi dan Elianasari, 2012; Hadi dkk., 2012), antijamur (Hadi dkk., 2008; Hadi dkk., 2009), dan antikorosi (Hadi dkk., 2015; Kurniasih dkk., 2015). Berdasarkan pada keadaan tersebut di atas,

maka pada penelitian ini akan dikembangkan metode analisis baru untuk senyawa trifeniltimah(IV) klorida menggunakan elektroda emas fabrikasi, elektroda emas modifikasi polipirol, dan elektroda emas modifikasi polipirol-emas nano partikel secara voltametri gelombang persegi.

Pembuatan elektroda emas modifikasi polipirol dan elektroda emas modifikasi polipirol-nanopartikel emas yang digunakan pada penelitian ini diadopsi dari penelitian oleh Rahayu dan Kurniawan (2011). Trifeniltimah(IV) klorida dengan rumus kimia $\text{Sn}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Cl}$ merupakan senyawa organotimah berupa padatan takberwarna, dapat larut dalam pelarut organik dan digunakan terutama sebagai antijamur serta antifoulant (Wikipedia, 2015). Voltametri gelombang persegi merupakan salah satu metode elektrometri yang didasarkan pada hubungan arus-potensial yang dihasilkan pada suatu sel elektrolisis dengan menggunakan sistem tiga elektroda.

Hubungan antara arus terhadap potensial divisualisasikan dalam bentuk voltammogram. Keuntungan dari metode ini yaitu metode ini relatif murah, memiliki kepekaan dan selektivitas tinggi, serta analisisnya yang relatif cepat (Wang, 2000). Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis senyawa trifeniltimah(IV) klorida menggunakan variasi elektroda kerja emas dengan teknik voltametri gelombang persegi. Manfaat dari penelitian ini yaitu (1) memberikan informasi baru mengenai metode analisis kimia senyawa trifeniltimah(IV) klorida dengan metode voltametri gelombang persegi; (2) memberikan arah untuk mengembangkan metode analisis voltametri gelombang persegi terhadap senyawa sintesis turunan trifeniltimah(IV) klorida atau turunan organotimah(IV).

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah neraca analitik, magnetik stirer, labu takar, pipet ukur, spatula, kertas amplas silikon karbida dengan grade 1500, kabel *shrinkage*, *hot plate*, potensiostat, eDAQ sistem tiga elektroda. Elektroda emas fabrikasi, elektroda emas modifikasi, dan elektroda emas modifikasi nanopartikel emas sebagai elektroda kerja (*working electrode*),

kawat perak (Ag) sebagai elektroda pembanding (*reference electrode*), dan Pt sebagai elektroda pendukung (*counter electrode*).

Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu trifeniltimah(IV) klorida ((C₆H₅)₃SnCl) p.a, pirol (97%) p.a, kalium klorida (KCl 0,1 M) p.a, akubides, akuades, natrium sitrat (C₆H₅Na₃O₇·2H₂O) p.a, natrium klorida p.a, kawat emas 99,99%, *water HPLC* p.a, DMSO p.a.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Larutan Blangko

Sebanyak 15 mL DMSO ditambahkan dalam 50 mL *water HPLC*.

2. Pembuatan Larutan Standar Induk Trifeniltimah(IV) Klorida 0,01 M

Pembuatan larutan standar induk trifeniltimah(IV) klorida dibuat dengan menambahkan DMSO sebanyak 15 mL sedikit demi sedikit ke dalam 0,1926 g trifeniltimah(IV) klorida sampai larut, kemudian tambahkan akuades sampai volume 50 mL

Larutan Standar Trifeniltimah(IV) 1×10⁻¹⁰ M : Pembuatan larutan standar trifeniltimah(IV) klorida 10⁻⁹ M dibuat dengan mengambil 2,5 mL larutan standar 10⁻⁸ M dari pengenceran bertingkat 10⁻⁴; 10⁻⁵; 10⁻⁶; 10⁻⁷; dan 10⁻⁸ M dalam 25 mL pelarut. Kemudian dibuat variasi konsentrasi 1×10⁻¹⁰; 3×10⁻¹⁰; 5×10⁻¹⁰; 7×10⁻¹⁰; dan 9×10⁻¹⁰ M masing-masing sebanyak 10 mL dari larutan standar 10⁻⁹ M.

3. Pembuatan Larutan Elektrolit Pendukung Natrium Klorida 0,1 M

Ditimbang sebanyak 0,2925 g natrium klorida dan dilarutkan dengan akuades dalam labu takar 500 mL sampai tanda batas.

4. Preparasi Koloid Emas Nanopartikel

Preparasi nanopartikel emas dilakukan dengan menambahkan 10 mL larutan natrium sitrat 0,3 M dan 10 mL larutan natrium klorida 0,02 M ke dalam 400 mL air pada kondisi mendidih dan pengadukan dengan magnetik stirer. Pembentukan nanopartikel emas ditandai dengan perubahan warna larutan dari tidak berwarna menjadi merah muda, berlanjut merah tua pekat. Koloid emas yang diperoleh didinginkan pada suhu kamar.

Pembuatan Elektroda

a. Preparasi Elektroda Emas

Emas yang digunakan berasal dari emas batangan 99,99% yang dibuat menyerupai kawat dengan diameter 1 mm dan panjang 5 cm. Dengan menggunakan amplas silikon karbida (*grade* 1500), emas digosokkan kepermukaan amplas hingga rata dan relatif halus. Selanjutnya elektroda dicuci dengan akuabides kemudian dikeringkan. Elektroda yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam kabel *shrinkage* dan dipanaskan hingga kabel melekat pada elektroda.

b. Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol

Elektroda emas polipirol dibuat dengan mengendapkan pirol pada permukaan elektroda emas. Permukaan emas yang akan dimodifikasi dicelupkan larutan pirol 0,1 M. larutan pirol 0,1 M dibuat dari 180 μL pirol yang diencerkan dengan KCl 0,1 M sampai volume 25 mL. Polimerisasi pirol secara elektrokimia voltametri siklis menggunakan potensiostat, dengan rentang potensial 700 mV sampai 1400 mV dengan laju sapuan 100 mV/detik. Selanjutnya dilakukan stabilisasi menggunakan KCl 0,1 M sampai diperoleh siklus yang konstan. Proses stabilisasi dilakukan secara voltametri siklis dengan perlakuan yang sama seperti proses polimerisasi.

c. Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol/Emas Nanopartikel

Modifikasi elektroda emas polipirol/emas nanopartikel dilakukan dengan melapiskan koloid emas nanopartikel pada permukaan elektroda emas yang telah dimodifikasi dengan polipirol. Pelapisan dilakukan dengan teknik *Layer by Layer (LBL)*. Elektroda emas polipirol dicelupkan pada koloid emas nanopartikel selama 15 menit, dibilas dengan air, dan dikeringkan. Kemudian dicelupkan pada koloid emas nanopartikel selama 24 jam.

5. Uji Elektroda

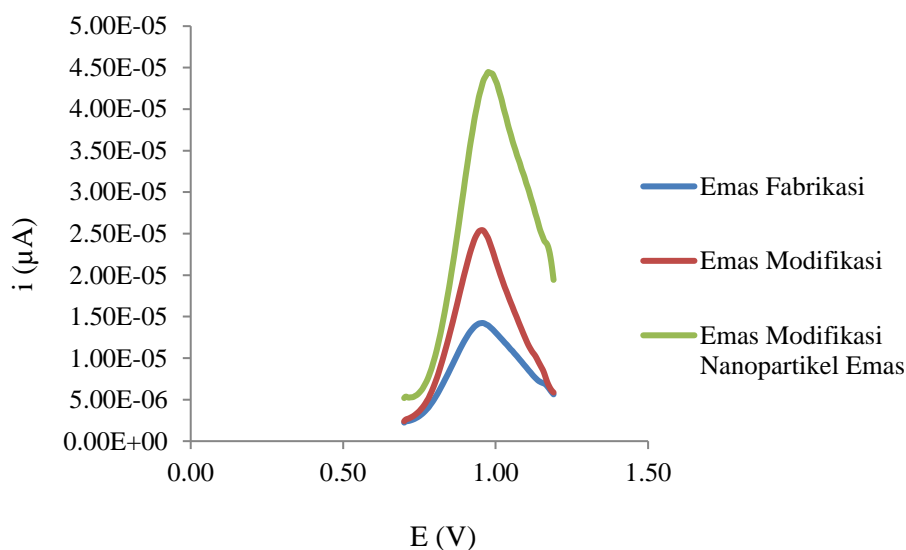
Uji Elektroda pada Larutan Standar Trifeniltimah(IV) Klorida: Elektoda emas fabrikasi, elektroda emas modifikasi polipirol, dan elektroda emas modifikasi polipirol-nanopartikel emas digunakan untuk penentuan larutan standar trifeniltimah(IV) klorida. Larutan standar diukur pada variasi konsentrasi 1×10^{-10} ; 3×10^{-10} ; 5×10^{-10} ; 7×10^{-10} ; dan 9×10^{-10} M dengan elektrolit pendukung NaCl 0,1 M. Penentuan larutan standar timah dilakukan dengan teknik voltametri gelombang persegi sistem tiga elektroda yaitu elektroda emas sebagai

elektroda kerja, kawat Ag sebagai elektroda pembanding dan kawat Pt sebagai elektroda bantu. Voltammogram hasil pengukuran variasi konsentrasi trifeniltimah(IV) klorida, selanjutnya dibuat kurva standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Voltammogram Larutan Blangko menggunakan Variasi Elektroda Kerja Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

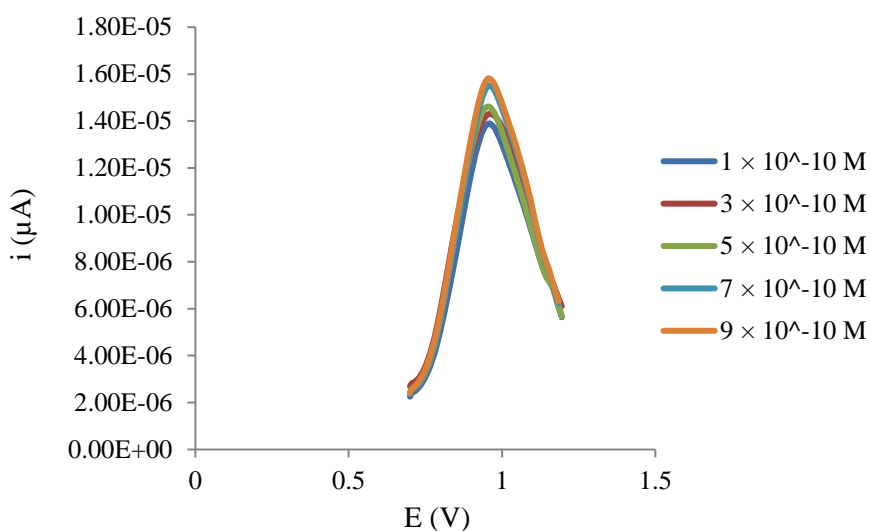
Larutan blangko diukur menggunakan variasi elektroda kerja emas yaitu elektroda emas fabrikasi, elektroda emas modifikasi polipirol, dan elektroda emas modifikasi polipirol-nanopartikel emas pada daerah jendela potensial 700 mV hingga 1400 mV dengan laju selusur 100 mV/detik menggunakan teknik voltametri gelombang persegi. Adapun voltammogramnya dapat dilihat pada Gambar 1.



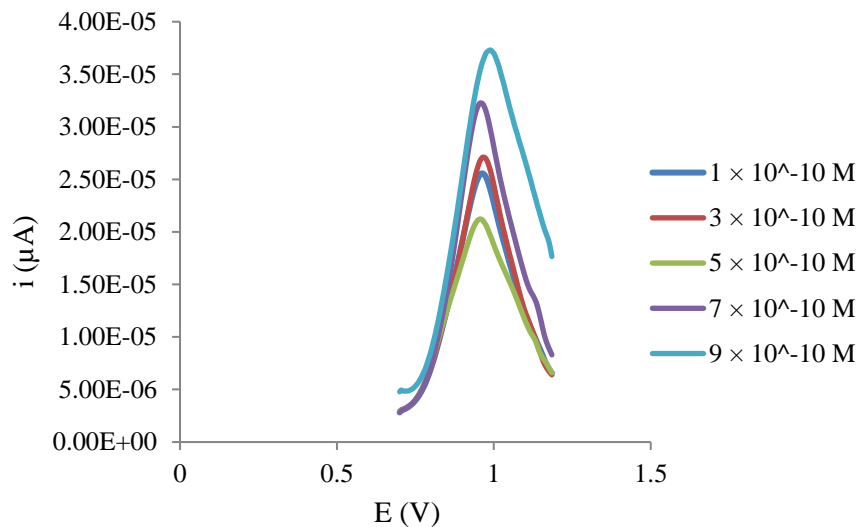
Gambar 1. Voltammogram Larutan Blangko menggunakan Variasi Elektroda Kerja Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

Voltammogram Larutan Standar Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Variasi Elektroda Kerja Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

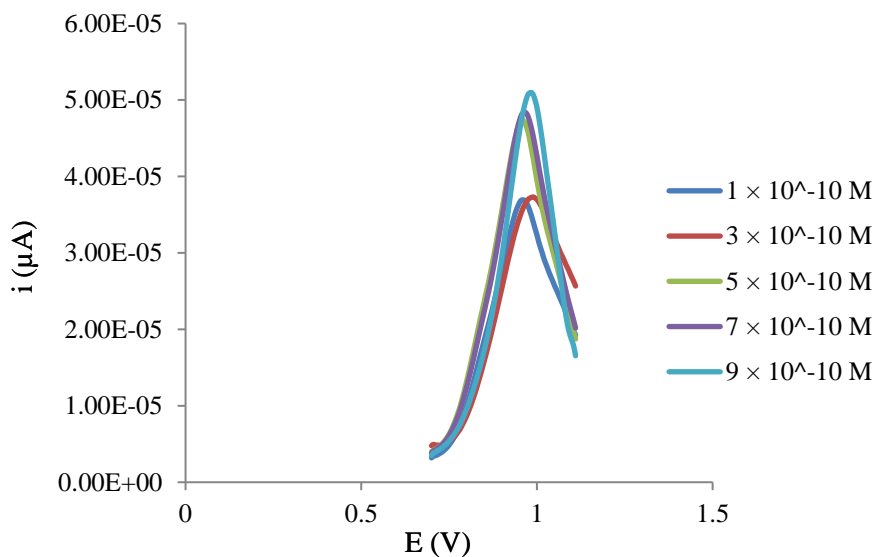
Uji variasi elektroda emas pada larutan standar trifeniltimah(IV) klorida dilakukan dengan mengukur larutan standar pada konsentrasi 1×10^{-10} ; 3×10^{-10} ; 5×10^{-10} ; 7×10^{-10} ; dan 9×10^{-10} M dengan elektrolit pendukung NaCl 0,1 M menggunakan teknik voltametri gelombang persegi pada jendela potensial 700 mV hingga 1400 mV. Voltammogram larutan standar trifeniltimah(IV) klorida dengan variasi elektroda kerja emas menggunakan teknik voltametri gelombang persegi disajikan pada Gambar 2, 3, dan 4.



Gambar 2. Voltammogram Variasi Konsentrasi Larutan Standar Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Fabrikasi dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi



Gambar 3. Voltammogram Variasi Konsentrasi Larutan Standar Trifenililmah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Modifikasi Polipirol dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi



Gambar 4. Voltammogram Variasi Konsentrasi Larutan Standar Trifenililmah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Modifikasi Polipirol Nanopartikel Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

Data hasil pengukuran arus puncak (i_p) dari voltammogram larutan standar trifeniltimah(IV) klorida pada konsentrasi 1×10^{-10} ; 3×10^{-10} ; 5×10^{-10} ; 7×10^{-10} ; dan 9×10^{-10} M dengan menggunakan variasi elektroda kerja, elektroda acuan kawat Ag, dan elektroda bantu Pt disajikan pada Tabel 1, sedangkan hasil pengukuran potensial puncak (E_p) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai Arus Puncak Oksidasi Senyawa Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Voltammetri Gelombang Persegi pada Variasi Elektroda Kerja Emas

No	Konsentrasi (M)	Arus (μ A)		
		Emas fabrikasi	Emas modifikasi polipirol	Emas modifikasi polipirol nanopartikel emas
1	0	13,92	25,77	44,58
2	1×10^{-10}	14,31	26,87	45,23
3	3×10^{-10}	14,61	28,87	47,47
4	5×10^{-10}	15,13	30,95	49,16
5	7×10^{-10}	15,22	31,87	50,17
6	9×10^{-10}	15,79	35,33	52,13

Tabel 2. Nilai Potensial Puncak Oksidasi Senyawa Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Voltammetri Gelombang Persegi pada Variasi Elektroda Kerja Emas

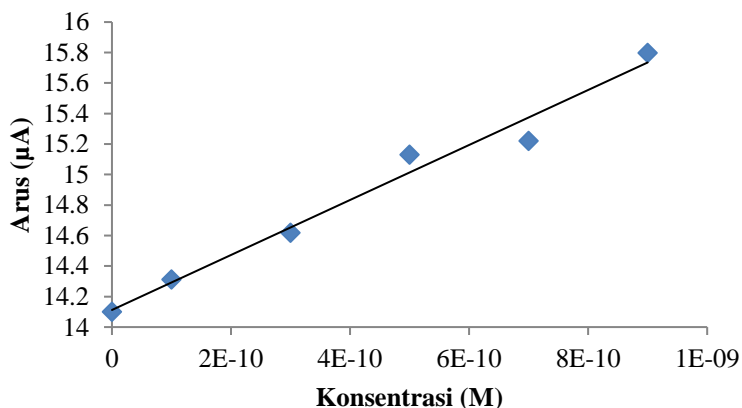
No	Konsentrasi (M)	E_p (V)		
		Emas fabrikasi	Emas modifikasi polipirol	Emas modifikasi polipirol nanopartikel emas
1	0	0,9638	0,9664	0,9616
2	1×10^{-10}	0,9650	0,9710	0,9630
3	3×10^{-10}	0,9550	0,9560	0,9550
4	5×10^{-10}	0,9650	0,9570	0,9600
5	7×10^{-10}	0,9650	0,9560	0,9600
6	9×10^{-10}	0,9590	0,9920	0,9810

Berdasarkan data pada Tabel 1, maka kenaikan nilai arus puncak (i_p) oksidasi pengukuran trifeniltimah(IV) klorida disebabkan oleh kenaikan konsentrasi trifeniltimah(IV) klorida. Sedangkan perbedaan nilai arus yang cukup besar pada hasil pengukuran dengan menggunakan elektroda kerja emas modifikasi polipirol nanopartikel emas dibandingkan dengan menggunakan elektroda emas fabrikasi dan emas modifikasi polipirol disebabkan telah berfungsinya nanopartikel emas. Jadi dapat disimpulkan bahwa luas permukaan elektroda kerja emas modifikasi nanopartikel emas menjadi lebih luas sehingga lebih banyak analit yang teroksidasi dipermukaan elektroda kerja tersebut.

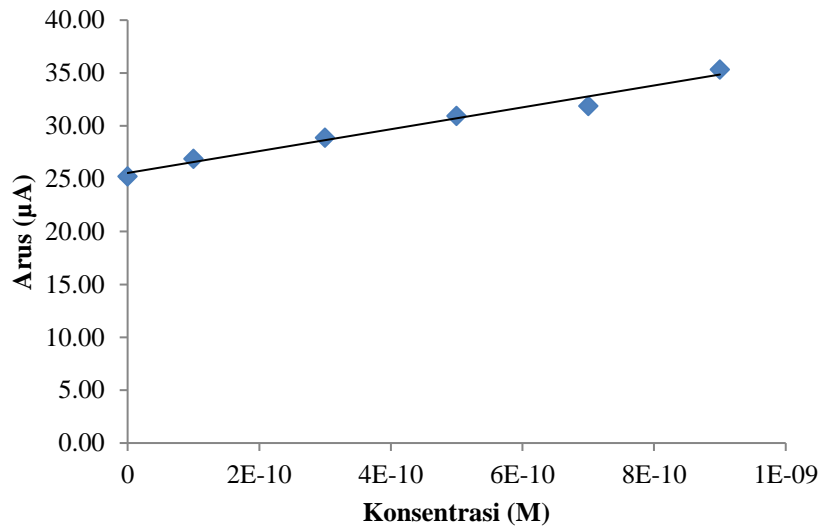
Validasi Metode

1. Linieritas

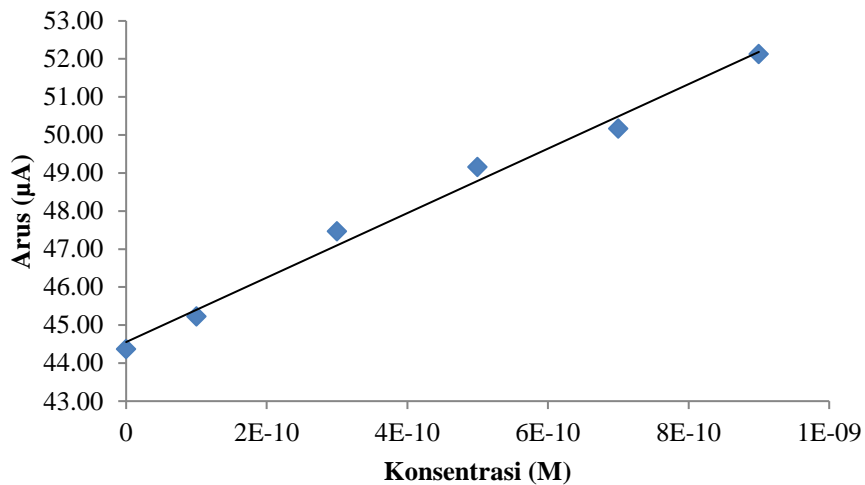
Pada penelitian ini, linieritas adalah korelasi yang signifikan antara konsentrasi larutan standar terhadap arus puncak anodik dari larutan standar yang dihasilkan. Uji linieritas dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi larutan standar. Persamaan garis regresi dan korelasi yang diperoleh dari hasil kurva kalibrasi larutan standar ini selanjutnya dihitung nilai koefisien korelasinya. Menurut Miller and Miller (2010), pada pengukuran secara analitik disyaratkan nilai koefisien korelasi dari kurva kalibrasi adalah $r > 0,99$. Berdasarkan data pada Tabel 2, maka kurva regresi linier dapat dibuat. Kurva kalibrasi yang dihasilkan disajikan pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 5. Kurva Kalibrasi Pengukuran Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Fabrikasi dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi



Gambar 6. Kurva Kalibrasi Pengukuran Trifenilimah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Modifikasi Polipirol dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi



Gambar 7. Kurva Kalibrasi Pengukuran Trifenilimah(IV) Klorida menggunakan Elektroda Emas Modifikasi Polipirol Nanopartikel Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

Sedangkan hasil perhitungan terhadap nilai koefisien korelasi dan persamaan regresi linier pada pengukuran larutan standar trifenilimah(IV) klorida disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Koefisien Korelasi dan Persamaan Regresi Linier Larutan Standar Trifeniltimah(IV) Klorida menggunakan Variasi Elektroda Kerja Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

Elektroda Kerja	r	Persamaan Regresi Linier
Emas fabrikasi	0,98943	$y = 1,80 \times 10^{+09}x + 14,11$
Emas modifikasi polipirol	0,98978	$y = 1,03 \times 10^{+10}x + 25,54$
Emas modifikasi polipirol Nanopartikel emas	0,99493	$y = 8,48 \times 10^{+09}x + 44,55$

Berdasarkan nilai koefisien korelasinya ($r = 0,99493$) pada Tabel 3 yang telah memenuhi persyaratan linieritas, maka persamaan regresi linier yang lebih tepat dipakai, yaitu pada penggunaan elektroda emas modifikasi polipirol nanopartikel emas.

2. Limit Deteksi (*Limit of Detection*)

Limit deteksi (*Limit of Detection*: LOD) adalah konsentrasi terkecil yang masih dapat dideteksi dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima. Berdasarkan pengukuran terhadap larutan blangko dan larutan standar, maka dapat ditentukan limit deteksi dengan Persamaan 1 (Miller and Miller, 2010). Perhitungan terhadap nilai limit deteksi pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

$$\text{LOD} = \frac{3 \times \text{SD}}{b} \quad (1)$$

Tabel 4. Nilai LOD Pengukuran Blangko Lima Kali Pengulangan menggunakan Variasi Elektroda Kerja Emas dengan Teknik Voltametri Gelombang Persegi

Elektroda Kerja	SD	LOD (M)
Emas fabrikasi	0,215	$3,58 \times 10^{-10}$
Emas modifikasi polipirol	1,010	$2,92 \times 10^{-10}$
Emas modifikasi polipirol nanopartikel emas	0,347	$1,23 \times 10^{-10}$

Pada Tabel 6 terlihat bahwa pada penelitian ini hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan elektroda emas modifikasi polipirol nanopartikel emas.

3. Keterulangan (*Precision*)

Keterulangan merupakan ukuran derajat keterulangan dari metode analisis yang memberikan hasil sama pada beberapa perulangan dan dinyatakan sebagai simpangan baku relatif (RSD). Menurut AOAC (1993) nilai RSD yang baik adalah $< 5\%$ untuk tingkat kepercayaan 95%. Pada penelitian ini, untuk memperoleh RSD dilakukan pengukuran larutan standar sebanyak 5 kali. Selanjutnya nilai RSD dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2. Data nilai SD dan RSD pada penelitian ini, disajikan pada Tabel 5.

$$RSD = \frac{SD}{M} \times 100 \% \quad (2)$$

Berdasarkan hasil analisis terhadap larutan standar menggunakan teknik voltametri gelombang persegi (Tabel 5) diketahui bahwa simpangan baku relatif untuk larutan standar trifeniltimah(IV) klorida secara umum berada di bawah 5%.

Tabel 5. Nilai RSD dengan Variasi Elektroda Kerja pada larutan standar dengan Metode Voltametri Gelombang Persegi.

Elektroda Kerja	SD	RSD %
Emas fabrikasi	0,056	0,390
Emas modifikasi polipirol	0,745	2,770
Emas Modifikasi polipirol nanopartikel emas	0,142	0,031

4. Kecermatan (*Accuracy*)

Kecermatan merupakan ukuran ketepatan pengukuran (x_{mean}) dari metode analisis yang memberikan hasil sama atau mendekati nilai yang sebenarnya (x_{true}) pada beberapa perulangan. Untuk menguji kecermatan dapat digunakan Persamaan 3(AOAC, 1993), yang dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran terhadap larutan standarnya.

$$|x_{\text{mean}} - x_{\text{true}}| < tS_D/\sqrt{n} \quad (3)$$

Suatu larutan standar dikatakan tidak bias jika $|x_{\text{mean}} - x_{\text{true}}| < tS_D/\sqrt{n}$. Hasil uji bias menggunakan metode gelombang persegi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Uji Bias Larutan Standar menggunakan Variasi Elektroda Kerja dengan Metode Voltametri Gelombang Persegi

No	Elektroda kerja	X_{true} (M)	t_{tabel}	n	$ x_{\text{mean}} - x_{\text{true}} $	tS_D/\sqrt{n}	Bias
1	Emas fabrikasi	1×10^{-10}	2,57	5	0,122	0,064	Tidak
2	Emas modifikasi polipirol	1×10^{-10}	2,57	5	0,299	0,856	Tidak
3	Emas modifikasi polipirol nanopartikel emas	1×10^{-10}	2,57	5	0,213	0,163	Tidak

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa senyawa trifeniltimah(IV) klorida dapat dianalisis menggunakan elektroda kerja emas-polipirol-nanopartikel emas dengan hasil yang lebih baik, dengan memberikan nilai (1) koefisien korelasi (r) = 0,99493; (2) limit deteksi (LOD) = $1,23 \times 10^{-10}$ M; (3) presisi (RSD) = 0,31 %; dan (4) akurasi : tidak terjadi bias.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC, 1993, *Peer Verified Methods Program : Manual on Policies and Procedures*, Arlington, VA.
- Hadi, S., dan Elianasari, 2012. *Aktivitas In Vitro dan Studi Perbandingan Beberapa Senyawa Organotimah(IV) 4-Hidroksibenzoat Terhadap Sel Kanker Leukimia, L-1210*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hadi, S., Irawan, B., dan Efri, 2008, The Antifungal Activity Test of Some Organotin(IV) Carboxylates. *Journal of Applied Sciences Research*. **4** (11): 1521-1525.
- Hadi, S., Rilyanti, M., dan Nurhasanah, 2009, Comparative Study on the Antifungal Activity of Some Di- and Tributyltin(IV) Carboxylate Compounds. *Modern Applied Science*. **3** (2) :12-17.
- Hadi, S., dan Rilyanti, M., 2010, Synthesis and *in vitro* anticancer activity of some organotin(IV) benzoate compounds. *Oriental Journal of Chemistry*, **26** (3): 775-779.

- Hadi, S., Rilyanti, M., dan Suharso, 2012, *In Vitro* Activity and Comparative Studies Of Some Organotin(IV) Benzoate Derivatives Against Leukemia Cancer Cell, L-1210, *Indonesian Journal of Chemistry*, **12** (1): 172-177.
- Hadi, S., Afriani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H.I., dan Suhartati, T., 2015, Synthesis and Potency Study of Some Dibutyltin(IV) Dinitrobenzoate Compounds as Corrosion Inhibitor for Mild Steel HRP in DMSO-HCl Solution, *Asian Journal of Chemistry*, **27**(4): 1509-1512.
- Kurniasih, H., Nurissalam, M., Iswantoro, B., A., Hapin, Qudus, H.I., dan Hadi, S., 2015, Synthesis, Characterization and Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoates, *Oriental Journal of Chemistry*, **31**(4): 2377-2383.
- Qudus, H.I., 2010, *Kajian Reaktivitas Kimia Zat Antikanker Trifeniltimah(IV) Klorida Secara Voltametri Siklik*, Laporan Hasil Penelitian, Lembaga Penelitian Unila, Bandar Lampung.
- Miller, J.C., dan Miller, J.N., 2010, *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*, Sixth Edition, Pearson Education Limited, Essex.
- Rahayu, A. M. dan Kurniawan, F., 2011, *Modifikasi Elektroda Emas Dengan Polipirol/Emas Nanopartikel Untuk Penentuan Kromium*, Prosiding Tugas Akhir Semester Genap 2011/2012, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Wang, J., 2000, *Analytical Electrochemistry*, Wiley-VCH Publisher Inc., New York, 67-74.
- Wikipedia, 2015, Triphenyltin chloride. https://en.wikipedia.org/wiki/Triphenyltin_Chloride. Diakses pada tanggal 7 Juni 2015 pukul 14.44 WIB.