

KINETIKA TRANSFER ION DOPAMIN PADA ANTARMUKA AIR-NITROBENZENA SECARA VOLTAMETRI

Nyoman Sudarma¹, Irdhawati², James Sibarani³

¹Program Studi Analisis Kesehatan STIKes Wira Medika Bali;

^{2,3}Program Studi Kimia Terapan Fakultas MIPA Universitas Udayana

Email:sudarma842@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian transfer ion dopamin secara elektrokimia pada antarmuka air-nitrobenzena dengan metode voltametri telah dilakukan. Pengukuran transfer ion ini menggunakan sistem 3 elektroda yaitu 2 elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding, dan elektroda platina sebagai elektroda pembantu. Penelitian diawali dengan pembuatan elektroda pembanding Ag/AgCl yang kemudian dilakukan karakterisasi terhadap elektroda tersebut. Kinetika transfer ion dopamin diketahui dengan melakukan perhitungan nilai potensial standar dan energi bebas Gibbs transfer ion dopamin melalui pengukuran larutan standar dopamin dan tetra metil amonium klorida (TMACl) dengan metode voltametri siklik. Hasil karakterisasi elektroda pembanding Ag/AgCl menunjukkan kelayakan elektroda dengan nilai slope sebesar 60,71 dan $r = 0,9984$. Potensial standar transfer ion dopamine adalah 0,173 V dan proses berlangsung secara spontan dengan perubahan energi bebas Gibbs (ΔG) sebesar -16,64 kJ/mol.

Kata kunci: transfer ion dopamin, antarmuka air-nitrobenzena, voltametri

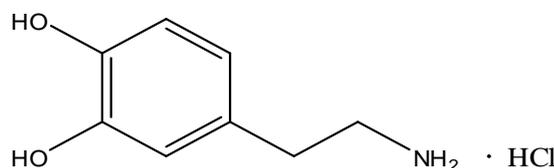
ABSTRACT

Research dopamine electrochemical ion transfer at the water-nitrobenzena interface by voltammetry method has been conducted. This measurement uses three electrode system that was two electrode Ag/AgCl electrode as the working electrode and reference electrode, and platinum electrodes as counter electrode. The research comparison begins with the manufacture of electrodes Ag/AgCl were then performed to characterize the electrode. Kinetics of transfer ion dopamine is known to perform calculations potential sandard value and Gibbs energy through measurements the dopamine standard and ammonium chloride and metal tetra (TMACl) solution by cyclic voltammetry method. The results of the reference electrode characterization of Ag/ AgCl electrodes demonstrate the feasibility of the slope value of 60.71 and $r = 0.9984$. Dopamine standard ion transfer potential is 0.173 V and the process takes place spontaneously with the change in Gibbs free energy (ΔG) of -16.64 kJ/ mol.

Keywords: dopamine transfer ion, water-nitrobenzene interface, voltammetry.

1. Pendahuluan

Dopamin merupakan salah satu senyawa katekolamin yang berfungsi sebagai neurotransmitter. Dopamin biasanya tersedia dalam bentuk dopamin hidroklorida berupa serbuk putih, mudah larut dalam air, larut dalam alkohol, sedikit larut dalam aseton dan metilena klorida (Lucia,2006). Dopamin memiliki rumus kimia $C_8H_{11}NO_2 \cdot HCl$ dan nama kimia *3-hydroxytyramine hydrochloride* (Gambar 1)



Gambar 1. Struktur dopamin hidroklorida

Dopamin dapat meningkatkan rasa senang, motivasi, daya pikir, tidak mudah lelah, dan dapat memberikan rasa nyaman ketika tidur. Efek ini hampir serupa dengan efek kokain. Oleh karena itu dopamin dapat disalahgunakan sebagai hormon untuk meningkatkan kadar dopamin dalam tubuh. Dalam hal ini maka penting perlu dilakukannya pengukuran terhadap dopamin (Lucia,2006)

Pada saat ini dikembangkan metode elektrokimia yang mempunyai keuntungan yaitu waktu analisis yang cepat, dan murah. Zhao (2001) menyebutkan bahwa pengukuran dopamin dengan metode elektrokimia memiliki keunggulan seperti pengerjaannya mudah, dimensi kecil, respon cepat dan akurasi tinggi dibandingkan dengan metode spektroskopi atau kromatografi. Penentuan dopamin secara elektrokimia banyak menggunakan elektroda padat seperti karbon, platina, dan emas. Elektroda padat cenderung memiliki permukaan yang heterogen dan kasar yang berpengaruh pada aktivitas elektrokimia.

Selain pengukuran elektrokimia dengan menggunakan elektroda padat, pengukuran secara elektrokimia dapat juga dilakukan dengan antarmuka di antara dua larutan elektrolit yang tidak saling bercampur (*liquid-liquid interface*) atau antarmuka. Proses elektrokimia pada antarmuka dua larutan yang tidak saling bercampur didasarkan atas adanya transfer ion dari analit yang melintasi antarmuka. Transfer ion ini dapat terjadi karena adanya perbedaan potensial yang diberikan diantara fasa organik dan fasa air (Herzog,2008). Transfer ion yang terjadi pada antarmuka cair-cair memberikan sinyal analitik, bukan reaksi oksidasi ataupun reduksi dari analit (Berdeque,2008). Untuk mengamati transfer ion melewati antarmuka karena adanya pemberian potensial, potensial yang diberikan harus sesuai sehingga dapat menyebabkan antarmuka terpolarisasi. Untuk membuat antarmuka terpolarisasi dilakukan dengan menambahkan garam elektrolit yang sesuai pada setiap fasa. Garam elektrolit yang dapat digunakan adalah LiCl sebagai elektrolit pendukung dalam fasa air dan tetrabutylamonium tetrafenilborat (TBATPB) digunakan sebagai elektrolit pendukung dalam fasa organik. Fasa organik yang sering digunakan adalah nitrobenzena (Vanysek,2008).

Pengamatan transfer ion dapat diukur secara voltametri. Dalam hal ini, transfer ion pada antarmuka diukur menggunakan potensiostat dengan metode voltametri siklik (Hersog,2008). Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kinetika transfer ion dopamin pada antarmuka air dan nitrobenzena yaitu dengan menghitung potensial standar transfer ion ($\Delta_{tr}^w \Phi^0$), dan energi bebas Gibbs ($\Delta G_{tr,DA}^{0,o \rightarrow w}$), sehingga dapat diketahui transfer ion dopamin pada antarmuka air-nitrobenzena berlangsung spontan atau tidak spontan.

2. Metode

2.1 Bahan dan Peralatan

Pengukuran elektrokimia menggunakan pH/potensiometer merk Cyberscan 1100 dan potensiostat Ingsens 1030. Elektroda kerja dan elektroda pembanding yang digunakan adalah elektroda Ag/AgCl yang dibuat dari pelapisan AgCl pada kawat perak dan kawat platina sebagai elektroda bantu. Kawat perak dan platina diperoleh dari Nilaco. Alat pendukung lain yang digunakan yaitu elektroda tabung gelas membran G3, *silicon cap*, membran dialisis, parafilm.

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian adalah dopamin hidroklorida, tetra metal ammonium klorida (TMACl), tetra butil amonium klorida (TBACl) dari Wako. KCl, $K_3Fe(CN)_6$, $K_4Fe(CN)_6$ dari merk, dan LiCl dari Nacalay Tesque. KCl 0,1 M sebagai elektrolit pendukung pada fasa air yang digunakan pada karakterisasi elektroda Ag/AgCl, LiCl 0,1 M sebagai elektrolit pendukung pada fasa air pada tahap penentuan kinetika transfer ion dopamin, tetra butil amonium klorida (TBACl), serbuk tetra butil ammonium tetra fenil borat (TBATPB) 0,1 M dilarutkan dalam nitrobenzena yang merupakan elektrolit pendukung pada fasa organik. Bahan kimia dilarutkan dengan akuabides yang diperoleh dari Biomedika.

b. Metode Kerja

2.2.1 Pelapisan AgCl

Kawat perak dipotong sepanjang 8 cm. Kawat perak dan kawat platina dibilas dengan alkohol kemudian dikeringkan. Larutan KCl 0,1 M sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL. Kedua kawat dicelupkan ke dalam gelas beaker kemudian dihubungkan ke adaptor dan diberikan tegangan 3 V selama 5 menit. Selama pelapisan berlangsung, proses dilakukan dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnetik guna menghilangkan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan. Penyusunan alat pada proses pelapisan AgCl pada kawat perak dapat dilihat pada Gambar 2. AgCl yang terbentuk pada kawat perak disimpan dalam larutan KCl 0,1 M agar AgCl yang dihasilkan tidak teroksidasi menjadi Ag_2O yang berwarna gelap.

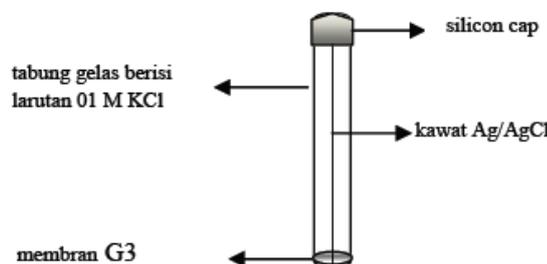


Gambar 2 Proses pelapisan Ag/AgCl pada kawat perak

2.2.2 Pembuatan Elektroda Pembanding Ag/AgCl

Bahan-bahan seperti tabung gelas membran G3, kawat Ag/AgCl, dan larutan KCl 0,1 M disiapkan. Tabung gelas membran G3 diisi dengan larutan KCl sampai penuh. Kawat Ag/AgCl dimasukkan ke dalam tabung tersebut. Tabung ditutup dengan *silicon cap* kemudian ditutup dengan parafilm. Elektroda Ag/AgCl kemudian

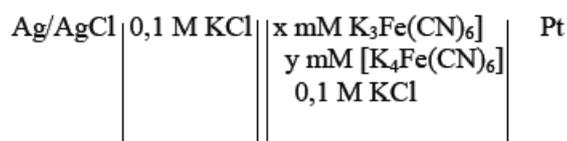
disimpan dalam larutan KCl 0,1 M agar terjadi kesetimbangan difusi ion pada permukaan elektroda. Bahan-bahan tersebut disusun seperti pada Gambar 3. berikut :



Gambar 3. Elektroda pembanding Ag/AgCl

2.2.3 Karakterisasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl

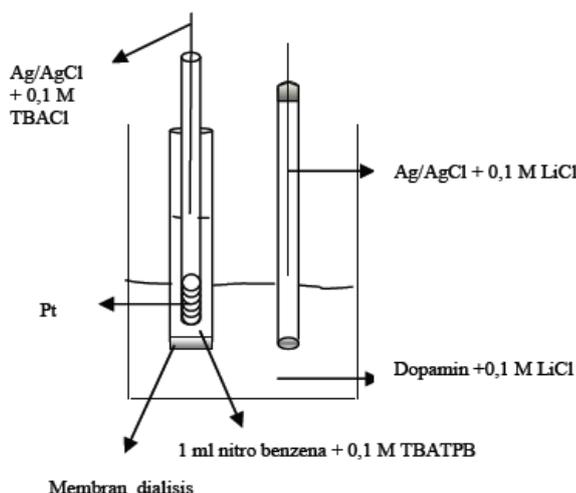
Karakterisasi elektroda pembanding Ag/AgCl dilakukan dengan mengukur potensial redoks $K_3Fe(CN)_6/[K_4Fe(CN)_6]$. Pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan potensiometer dengan 2 jenis elektroda, yaitu elektroda Ag/AgCl sebagai anoda dan platina sebagai katoda. Model selnya seperti Skema 1.



Skema 1. Model sel karakterisasi elektroda pembanding Ag/AgCl

2.2.4 Penentuan Kinetika Transfer Ion Dari Fasa Air Ke Fasa Nitrobenzena a. Pemodelan sel antarmuka cair-cair (*liquid-liquid interface*)

Penentuan transfer ion larutan uji dopamin menggunakan sistem tiga elektroda yaitu dua buah elektroda pembanding Ag/AgCl masing-masing dalam fasa air dan organik, dan elektroda platina. Elektroda pembanding Ag/AgCl berada pada fase organik (Ag/AgCl | 0,1 M TBACl | 0,1 M TBATPB), sedangkan elektroda kerja yaitu Ag/AgCl berada pada fase air (0,1 M LiCl | Ag/AgCl), dan platina sebagai elektrode bantu berada pada fasa organik. Untuk susunan kerjanya dapat dilihat pada Gambar 4 dan model selnya dapat dilihat pada Skema 2.



Gambar 4. Skema penentuan transfer ion dopamin pada antarmuka air dan nitrobenzena.

Ag/AgCl	0,1 M TBACl	0,1 M TBATPB dalam nitrobenzena	x mM dopamin dalam 0,1 M LiCl	0,1 M LiCl	Ag/AgCl
	Fasa air	Fasa organik	Fasa air		

Skema 2. Model sel penentuan transfer ion dopamin pada antarmuka air dan nitrobenzena

b. Penentuan Potensial Standar ($\Delta_o^w \Phi^\circ$), dan Energi Gibbs ($\Delta G_{tr,DA}^{0,o \rightarrow w}$) Transfer Ion Dopamin.

Larutan induk dopamin dan TMACl dibuat dengan konsentrasi 10 mM. Selanjutnya dibuat variasi konsentrasi dopamin dan TMACl yaitu 0,1 mM; 0,2 mM; 0,3 mM; 0,4 mM; dan 0,5 mM dari pengenceran dopamin dan TMACl 10 mM tepat. Pengukuran arus dilakukan dengan metode voltametri siklik, rentang potensial 200-550 mV, laju penyapuan 5 mV/s, dan batas arus yang digunakan adalah 100 μ A. Dari data yang diperoleh kemudian ditentukan potensial standar ($\Delta_o^w \Phi^\circ$), dan energi Gibbs ($\Delta G_{tr,DA}^{0,o \rightarrow w}$) transfer ion dopamin.

3. Hasil dan Pembahasan

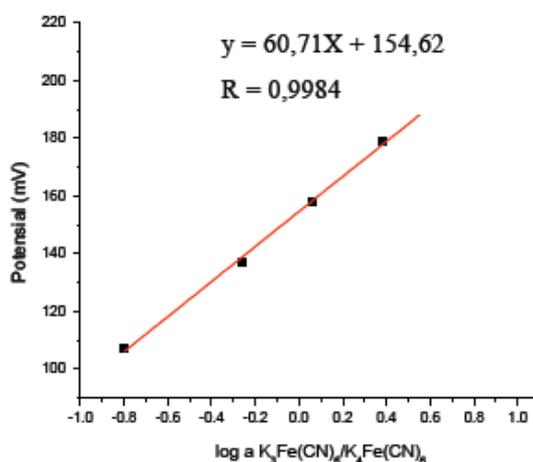
Karakterisasi Elektroda Ag/AgCl

Karakterisasi elektroda Ag/AgCl dilakukan untuk mengetahui apakah elektroda yang akan digunakan layak untuk pengukuran kinetika transfer ion dopamin. Karakterisasi dilakukan dengan mengukur potensial redoks campuran elektrolit $K_3Fe(CN)_6$ dan $K_4Fe(CN)_6$ pada berbagai perbandingan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Perbandingan konsentrasi campuran elektrolit $K_3Fe(CN)_6$ dan $K_4Fe(CN)_6$ dalam karakterisasi elektroda Ag/AgCl

[$K_3Fe(CN)_6$] (mM)	[$K_4Fe(CN)_6$] (mM)	[$K_3Fe(CN)_6$] (μ L)	[$K_4Fe(CN)_6$] (μ L)	KCl 0,1 M
0,1	0,9	100	900	904
0,3	0,7	300	700	912
0,5	0,5	500	500	920
0,7	0,3	700	300	928
0,9	0,1	900	100	936

Pengukuran potensial redoks dilakukan dengan metode potensiometri dengan elektroda Ag/AgCl sebagai anoda, sedangkan platina sebagai katoda. Tahap selanjutnya yaitu dihitung nilai aktivitas ion (a) pada masing-masing konsentrasi, kemudian dibuat kurva antara log aktivitas $K_3Fe(CN)_6/K_4Fe(CN)_6$ dengan nilai potensial seperti dapat dilihat pada Gambar 5.

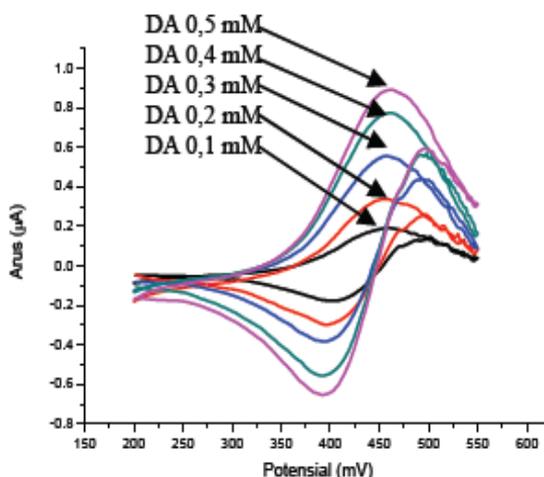


Gambar 5. Kurva karakterisasi elektroda Ag/AgCl

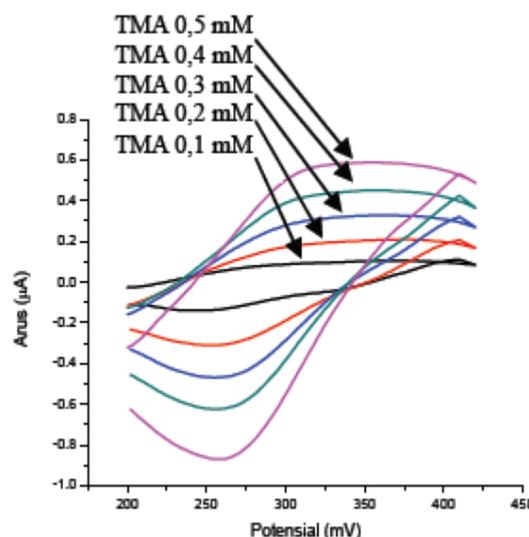
Berdasarkan Gambar 5 diperoleh persamaan linear $y = 60,71X + 154,62$ dengan nilai $r = 0,9984$. Dari persamaan tersebut nilai slope adalah 60,71 yang menunjukkan nilai tersebut adalah mendekati nilai slope pada persamaan Nernst yaitu sebesar 59,16 V untuk reaksi redoks yang melibatkan satu elektron. Selain itu nilai $r = 0,9984$ menunjukkan linearitas yang baik yang berarti respon potensial linear terhadap aktivitas kedua larutan sehingga elektroda Ag/AgCl layak untuk digunakan dalam tahap pengukuran selanjutnya yaitu kinetika transfer ion dopamin pada antarmuka cair-cair.

Kinetika Transfer Ion Dopamin Dari Fasa Air Ke Fasa Nitrobenzena

Kinetika transfer ion dopamin dari fasa air ke fasa nitrobenzena dilakukan dengan metode voltametri siklik dengan potensial dari 200 mV sampai 550 mV dan laju penyapuan 5 mVs^{-1} . Kinetika transfer ion dopamin diindikasikan oleh potensial standar transfer ion dopamin ($\Delta^w \Phi^0 \text{ DA}$) dan energi bebas Gibbs transfer ion dopamin ($\Delta G_{tr,DA}^{0,0 \rightarrow w}$). Untuk menghitung potensial standar dan energi bebas Gibbs transfer ion dopamin dilakukan pengukuran dengan kondisi yang sama terhadap standar atau pembanding yaitu tetra metil amonium klorida (TMACl). Gambar 6 adalah voltamogram siklik dopamin dengan laju penyapuan 5 mVs^{-1} dan Gambar 7 adalah voltamogram siklik TMACl dengan laju penyapuan 5 mVs^{-1} .



Gambar 6. Voltamogram siklik dopamin dengan rentang konsenrasi 0,1 - 0,5 mM dengan laju penyapuan 5 mVs^{-1}



Gambar 7. Voltamogram siklik TMACl dengan rentang konsentrasi 0,1 - 0,5 mM dengan laju penyapuan 5 mVs⁻¹

Berdasarkan voltamogram siklik pada Gambar 6 dan 7 dapat ditentukan masing-masing nilai potensial anodik (Epa) dan potensial katodik (Epc). Dari nilai Epa dan Epc ditentukan nilai perbedaan potensial (ΔE_p), *mid point potential* ($E_{1/2}^{rev}$). Perbedaan potensial dihitung berdasarkan selisih dari nilai Epa dengan Epc. Sedangkan $E_{1/2}^{rev}$ didefinisikan dengan setengah dari jumlah Epa dengan Epc. Dari Gambar 6 dan 7 dapat diperoleh nilai Epa, Epc, ΔE_p , dan $E_{1/2}^{rev}$ pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai potensial anodik, katodik, perbedaan potensial, dan *mid point potential* dari voltamogram siklik DA dan TMACl

	Epa (mV)	Epc (mV)	ΔE_p (mV)	$E_{1/2}^{rev}$ (mV)
DA*	456,48	397,21	59,27	426,85
TMACl	319,07	259,74	59,33	289,41

*DA = dopamin

Irdhawathi (2012) menggunakan TMACl sebagai standar dalam pengukuran transfer ion fenilpropanolamin pada antarmuka air-nitrobenzena. TMACl memiliki struktur yang simetris sehingga memberikan respon transfer ion yang baik dan nilai potensial standarnya transfer ion sudah diketahui yaitu 0,035 V.

Berdasarkan Tabel 1 potensial standar transfer ion dopamin ($\Delta_o^w \Phi^o \text{DA}^+$) dapat dihitung dengan rumus (Yuan,2002) :

$$\Delta_o^w \Phi^o \text{DA}^+ = \Delta_o^w \Phi^o \text{TMA}^+ + E_{1/2}^{rev} \text{DA}^+ - E_{1/2}^{rev} \text{TMA}^+$$

Nilai transfer ion standar TMA⁺ ($\Delta_o^w \Phi^o \text{TMA}^+$) pada antarmuka air-nitrobenzena adalah 0,035 V (Osakai,2006) sehingga nilai potensial standar transfer ion dopamin adalah 0,173 V. Hal ini menunjukkan bahwa potensial transfer ion dopamin pada keadaan standar yaitu pada suhu 25^o C dan tekanan 1 atm adalah sebesar 0,173 V. Dari nilai potensial standar transfer ion dopamin yang diperoleh dapat dihitung nilai energi bebas Gibbs dengan rumus (Yuan,2002):

$$-\Delta G_{tr,DA}^{0,o \rightarrow w} = z_{DA} F \Delta_o^w \Phi^o \text{DA}$$

z adalah muatan dari ion dopamin yaitu 1 dan F adalah konstanta Faraday yaitu sebesar 96.487 C/mol, maka energi bebas Gibbs transfer ion dopamin adalah -

16,64 kJ/mol. Dengan nilai potensial standar transfer ion dopamin bernilai positif dan energi bebas Gibbs bernilai negatif maka proses transfer ion dopamin dari fasa air ke fasa nitrobenzena berlangsung spontan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kinetika transfer ion dopamin dari fasa air ke fasa nitrobenzena diketahui dari nilai potensial standar sebesar 0,17 V dan energi bebas Gibbs sebesar -16,64 kJ/mol yang berarti transfer ion dopamin terjadi spontan.

Pustaka Acuan

- Lucia.E.W. 2006. *Farmakologi Obat Pada Sistem Organ*. Universitas Surabaya.
- Zhao.H., Yuzhong. Z., Zhuobin. Y. 2001. *Studi On The Electrochemical Behavior of Dopamin With Poly(Sulfosalicylic Acid) Modified Glassy Carbon Electrode*. *Analytica Chimica Acta.*, 441, 117-122
- Herzog. G., Victor. K., Alfonso. B., and Damien W.M.A. 2008. *Detection of Food Additives by Voltammetry at The Liquid-Liquid Interface*. *J. Agric. Food.* 56, 4304-4310
- Berdeque. A., Raul. Z., and Damien W.M.A. 2008. *Electrochemical Detection of Dopamine Using Arrays of Liquid-Liquid Micro – Interface Created Within Micro Machined Silikon Membranes*. 611, 156-162
- Vanysek. P., and Luis. B.A. 2008. *Interface Between Two Immiscible Liquid Electroytes*. *J.Chil.Chem.Soc.* 53, 1455-1463
- Irdhawati. Tatsumi. H., Noviandri. I., Buchari. B., and Ibrahim. S. 2012. *Cyclic Voltammetry of Ion Transfer for Phenylpropanolamine Hydrochloride at Water-Nitrobenzene Interface*. *Journal of The Chinese Chemical Society.* 59, 40-45
- Yuan, Y., Gao, Z., and Zhang, M. 2002. *Charge Transfer Across The Water/Nitrobenzena Inerface By Three Electrode System*. *Science In China (Series B)*. 45, 494-502
- Osakai. T. 2006. *Standard Potentials For The Transfer Of Ion At The Oil/Water Interface*. *Review Of Polarography*.