



STUDI OKSIDASI ELEKTROKIMIA DIMEDIASI KOBAL (III) PADA AMOKSISILIN SECARA VOLTAMMETRI SIKLIK MENGGUNAKAN ELEKTRODA PLATINA, Pt/Co(OH)₂ DAN Pt/Co DALAM BERBAGAI ELEKTROLIT PENDUKUNG

Cyclic Voltammetry Study of Mediated Electrochemical Oxidation Using Platinum Wire, Pt/Co(OH)₂ and Pt/Co Electrodes In Various Supporting Electrolytes

Herlina^{1,2*}, Muhammad Ali Zulfikar¹, dan Buchari¹

¹Kelompok Keilmuan Kimia Analitik, FMIPA, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10 Bandung

²Departemen Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Medan
Jalan Gedung Arca No.52 Medan

Untuk korespondensi: e-mail: herlina@itm.ac.id

Received: July 26, 2018

Accepted: August 29, 2018

Online Published: August 31, 2018

DOI : 10.20961/jkpk.v3i2.22330

ABSTRAK

Amoksisilin merupakan antibiotika β -laktam termasuk ke dalam golongan penisilin yang keberadaannya dalam air permukaan dan limbah tidak hanya mempengaruhi kualitas air, tetapi juga menyebabkan dampak buruk jangka panjang pada ekosistem dan kesehatan manusia karena ketahanannya terhadap biodegradasi alami. Pengolahan limbah organik secara elektrokimia memiliki keuntungan antara lain biaya yang murah dan efisien, gas buangan yang tidak mengandung bahan beracun dan berbahaya. Telah dipelajari proses elektro-oksidasi amoksisilin yang dimediasi ion logam kobal (III) yang disebut sebagai proses oksidasi elektrokimia dimediasi (OED) secara studi voltametri menggunakan elektroda kerja platina cakram, Pt/Co(OH)₂ dan Pt/Co di dalam larutan elektrolit pendukung KNO₃, NaClO₄, Na₂SO₄ dan buffer fosfat dengan konsentrasi masing-masing 0,1 M. Hasil memperlihatkan bahwa puncak oksidasi amoksisilin menggunakan elektroda kerja tersebut di atas di dalam berbagai larutan elektrolit berada pada kisaran potensial 500-670 mV (terhadap Ag/AgCl). Kehadiran ion kobal membentuk senyawa kompleks dengan amoksisilin menyebabkan arus oksidasi menjadi turun menunjukkan adanya degradasi terhadap amoksisilin.

Kata Kunci: amoksisilin, elektroda kerja, oksidasi elektrokimia dimediasi, voltametri

ABSTRACT

Amoxicillin is one of β -lactam antibiotic in penicillin groups which their presence in surface water and wastewater not only affects water quality but also causes long-term adverse effects on ecosystems and human health due to their resistance to natural biodegradation. The processing of organic waste electrochemically has the advantage of cheap and efficient cost, exhaust gas that does not contain toxic and hazardous materials. We have studied the process of amoxicillin electro-oxidation mediated by a cobalt (III) ion called an electrochemical oxidation process mediated (MEO) in a voltammetry study using a platinum working electrode, Pt/Co(OH)₂ and Pt/Co in various supporting electrolytes such as KNO₃, NaClO₄, Na₂SO₄ and phosphate buffer solution with concentrations 0.10 M. The results show that the amoxicillin oxidation peaks using the above-

mentioned working electrode in various electrolyte solutions are in the potential range of 500-670 mV (Ag/AgCl). The presence of cobalt ions forming complex compounds with amoxicillin causes the oxidation current decreasing that indicates the presence of degradation to amoxicillin.

Keywords: amoxicillin, working electrode, electrochemically mediated oxidation, voltammetry

PENDAHULUAN

Antibiotik telah digunakan secara luas skala dalam beberapa tahun terakhir untuk mencegah dan mengobati infeksi di bidang kedokteran, manusia dan hewan serta mendorong pertumbuhan dalam peternakan atau budidaya ikan dan udang. Residu antibiotik manusia dan hewan hadir dalam keragaman matriks lingkungan, seperti permukaan dan air tanah, efluen rumah sakit dan IPAL, tanah dan sedimen. Senyawa-senyawa ini terutama dilepaskan ke lingkungan oleh ekskresi, mencapai instalasi pengolahan air limbah (IPAL), di mana keberadaannya tidak sepenuhnya hilang dan mencemari saluran air alami. Antibiotik ini bertindak sebagai kontaminan persisten dan bersifat bioakumulatif dan berdasarkan sifatnya, adalah senyawa aktif biologis, dikembangkan untuk memiliki efek pada organisme. Oleh karena itu, antibiotik memiliki potensi untuk berdampak negatif baik ekosistem akuatik atau terestrial, bahkan dalam konsentrasi rendah (dalam kisaran $\mu\text{g L}^{-1}$ – ng L^{-1}). Selain itu, antibiotik juga dapat menghasilkan resistensi anti-bakteri [1-4].

Amoksisilin adalah antibiotik β -laktam spektrum luas yang termasuk dalam kelas penisilin dan digunakan dalam hewan dan manusia obat, mewakili salah satu antibiotik yang paling diresepkan. Ketika dicerna, 10-20% dari antibiotik ini diserap, sedangkan sisanya hilang oleh ekskresi dan

akhirnya mencemari ekosistem. Amoksisilin diketahui memiliki efek racun terhadap alga dan mikroorganisme air [5,6].

Telah banyak dilakukan pengembangan metode untuk menghilangkan atau mengurangi kadar amoksisilin di lingkungan, salah satunya adalah dengan metode elektrokimia seperti proses oksidasi lanjutan (*Advanced Oxidation Processes*, AOPs) telah dilakukan dengan tujuan penghilangan dan pengurangan kadar antibiotik dari limbah, seperti ozonisasi, reaksi Fenton dan proses foto-Fenton, fotokatalisis [6-8].

Pengolahan limbah organik secara elektrokimia memiliki keuntungan biaya yang murah dan efisien, gas buangan yang tidak mengandung bahan beracun dan berbahaya [9,10].

Penelitian yang telah dilakukan merupakan usaha untuk mendegradasi keberadaan amoksisilin di lingkungan dengan beberapa parameter pengukuran seperti tegangan, suhu, temperatur dan konversi total CO_2 , namun belum banyak yang mengungkapkan tentang reaksi reaksi oksidasi reduksi yang terjadi di dalam sel elektrokimia tersebut. Telah dilakukan studi voltametri siklik untuk menentukan kondisi optimum elektroda kerja dan mediator di dalam beberapa larutan elektrolit pendukung untuk melihat reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada amoksisilin dengan 3 elektroda kerja yaitu elektroda cakram Pt, Pt/Co dan Pt/Co(OH)₂.

Voltammetri merupakan salah satu metode elektroanalitis di mana informasi tentang analit berasal dari kurva arus sebagai fungsi potensial yang diterapkan di bawah kondisi yang mendorong polarisasi elektroda kerja. Umumnya, elektroda kerja dalam voltammetri dicirikan oleh luas permukaannya. Teknik voltammetri digunakan untuk menganalisis senyawa-senyawa kimia bersifat elektroaktif, dengan mempelajari proses reduksi dan oksidasi, proses adsorpsi atau difusi pada permukaan elektroda, dan mempelajari jalur transfer elektron dipermukaan elektroda. Hasil analisis arus terhadap potensial kerja dengan menggunakan teknik voltammetri ini dapat diketahui dari voltammogram yang terbentuk [11].

METODE PENELITIAN

1. Peralatan

Peralatan yang digunakan di antaranya seperangkat peralatan gelas, *magnetic stirrer*, *micropipette*, badan EPK, badan elektroda Ag/AgCl, elektroda pembanding Ag/AgCl BAS (*Bioanalytical System*), kawat platina sebagai elektroda pembantu, neraca analitik, ultrasonic Krisbow dan *syringe filter* 0,45 μm . Instrumen pengukuran yang digunakan di antaranya Potensiostat eDAQ 410 dengan perangkat lunak Echem versi 2.1.5 dan Origin versi 9 untuk mengolah data, Atten DC power supply APS30055, dan pH meter Mettler Toledo.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah bahan kimia dengan kualitas pro analisis (p.a), $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, NaCl, padatan $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan padatan $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

untuk larutan penyangga fosfat, NaOH, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , Na_2SO_4 , NaClO_4 (dari Sigma Aldrich), amoksisilin heksahidrat (Kalbe Farma), aqua DM, kawat Pt dan kawat Ag diperoleh dari Antam Tbk.

3. Pembuatan Elektroda Kerja

Elektroda kerja Pt berbentuk cakram dengan menggunakan kawat Pt diameter 1,0 mm dan dimasukkan ke dalam badan elektroda yang terbuat dari kaca.

Elektroda kerja Pt/Co dibuat dengan cara electrodeposisi kobal ke permukaan logam cakram platina, dimana anoda dan katoda yang digunakan adalah elektroda kawat Pt. Sumber ion logam kobal yang digunakan adalah kobal klorida 0,05 M. Selanjutnya dimasukkan ke dalam badan elektroda yang terbuat dari kaca.

Pembuatan elektroda $\text{Pt/Co}(\text{OH})_2$, dibuat dengan cara menempatkan kawat Pt dalam larutan yang mengandung 0,1 M Na_2CO_3 ditambah dengan 40 mM NaK-tartrat dan 4 mM CoCl_2 pada pH 11,6. Proses pelapisan elektroda Pt dengan kobal hidroksida dilakukan dengan teknik voltammetri siklik sebanyak 100 siklik pada potensial -0,25 V sampai dengan 0,8 V laju selusur 100 mV/s [12,13]. Elektroda $\text{Pt/Co}(\text{OH})_2$ yang telah dipreparasi selanjutnya dikarakterisasi dalam larutan NaOH 0,1 M secara voltammetri siklik.

4. Oksidasi Elektrokimia Secara Voltammetri Siklik

Semua elektroda diukur kinerjanya di dalam larutan elektrolit pendukung KNO_3 , NaClO_4 , Na_2SO_4 dan buffer fosfat sebagai blanko untuk melihat secara kualitatif arus latar belakang (*background*) dari larutan elektrolit tersebut dan sesaat

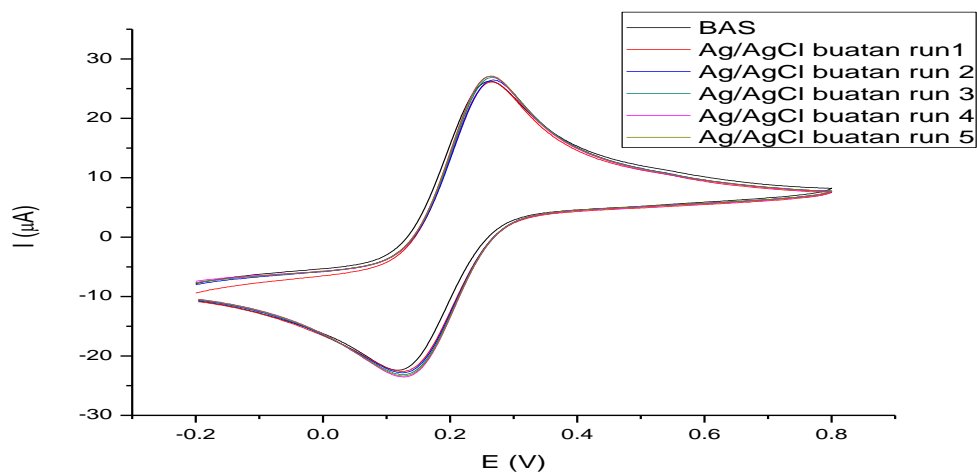
sebelum dilakukan pengukuran gas N₂ dialirkan ke dalam sel elektrokimia untuk membebaskan larutan dari oksigen terlarut. Hal ini dilakukan karena oksigen dapat mengalami reaksi redoks pada permukaan elektroda sehingga akan terlihat puncak-puncak oksigen pada voltamogram, sehingga gas N₂ perlu dialirkan ke dalam sel.

Selanjutnya ke dalam 3 sel elektrokimia yang berisi larutan elektrolit pendukung 0,1 M dan larutan Co(NO₃)₂ 0,01 M; larutan elektrolit pendukung dan larutan amoksisilin 0,1 mM; dan larutan elektrolit yang berisi campuran Co(NO₃)₂ 0,01 M dan amoksisilin 0,1 mM. dikarakterisasi secara voltametri siklik pada rentang potensial -200 mV hingga 1800 mV

dengan menggunakan elektroda kerja Pt. Hal yang sama dilakukan untuk elektroda kerja Pt/Co dan Pt/Co(OH)₂.

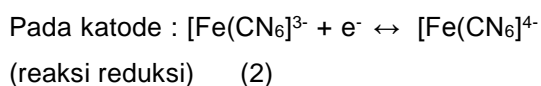
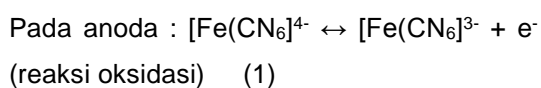
PEMBAHASAN

Karakterisasi elektroda Ag/AgCl dilakukan dengan cara membandingkan kinerja elektroda BAS dalam larutan K₃[Fe(CN)₆] dan K₄[Fe(CN)₆] 0,01 M dalam larutan NaCl 0,1 M. Untuk karakterisasi elektroda Ag/AgCl buatan dilakukan secara voltametri siklik dengan elektroda emas sebagai elektroda kerja, elektroda platina sebagai elektroda pembantu dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding.



Gambar 1. Voltammogram siklik larutan campuran K₃[Fe(CN)₆] dan K₄[Fe(CN)₆] 0,01 M dalam larutan NaCl 0,1 M dengan laju pindai 100 mV/detik menggunakan elektroda kerja cakram emas, elektroda pembanding Ag/AgCl buatan dan elektroda Pt sebagai elektroda pembantu.

Voltammogram siklik di atas menunjukkan bahwa terjadi reaksi oksidasi dan reduksi dari analit pada elektroda. Reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi adalah:



Nilai E_{pa} dan E_{pc} ketika menggunakan BAS adalah 0,254 V dan 0,124 V dengan I_{pa} dan I_{pc} adalah sebesar 22,85 μA dan -19,93 μA. Nilai potensial formal untuk elektroda BAS (E°) adalah 0,189 V dengan rasio arus puncak katodik dan anodik 0,872. Untuk elektroda Ag/AgCl buatan dilakukan pengukuran sebanyak 5 siklik dengan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Data voltammogram siklik dari elektroda Ag/AgCl buatan dalam larutan campuran $K_3[Fe(CN)_6]$ dan $K_4[Fe(CN)_6]$ 0,01 M dalam larutan NaCl 0,1 M

Pengukuran ke-	Parameter			
	Epa (mV)	Epc(mV)	Ipc (μ A)	Ipa (μ A)
BAS	254	124	-19,93	22,85
1	260	138	-20,07	23,54
2	264	130	-20,50	23,63
3	264	132	-20,85	24,15
4	260	136	-21,13	23,63
5	258	136	-21,31	24,53

Nilai Epa dan Epc rata-rata yang diperoleh dari tabel tersebut di atas adalah 0,2612 V dan 0,1344 V dengan arus puncak katodik dan anodik rata-rata sebesar -20,772 μ A dan 23,896 μ A. Dan nilai potensial formal untuk elektroda Ag/AgCl buatan adalah 0,1978 V dengan rasio arus puncak katodik dan anodik sebesar 0,869. Dilihat dari rasio tersebut, maka reaksi yang terjadi termasuk jenis reaksi yang quasi-reversible (semi bolak-balik, $I_{pc}/I_{pa} < 1$) karena I_{pc}/I_{pa} untuk reaksi yang reversibel nilainya adalah sama dengan 1 [11].

Teknik pengukuran voltametri siklik dilakukan untuk menentukan pengaruh penambahan mediator kobal nitrat ke dalam campuran larutan amoksisilin 1 mM dalam larutan elektrolit pendukung KNO_3 , $NaClO_4$, Na_2SO_4 dan buffer fosfat dengan konsentrasi 0,1 M. Amoksisilin akan didegradasi menggunakan metode oksidasi elektrokimia termediasi menggunakan oksidator Co(III) yang dihasilkan dari proses elektrooksidasi Co(II) dengan elektroda kerja Pt, Pt/Co dan Pt/Co(OH)₂.

Degradasi elektrokimia merupakan metode degradasi dengan memanfaatkan proses transfer elektron secara langsung

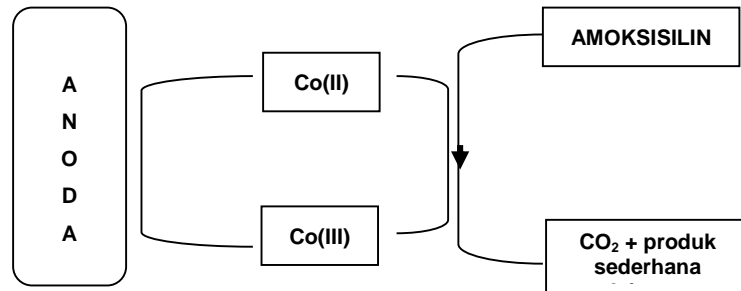
atau tidak langsung untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi produk sederhana yaitu CO_2 dan H_2O . Metode ini tergolong efisien karena dapat menghemat penggunaan energi dalam proses degradasi. Degradasi elektrokimia dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu bahan elektroda, luas permukaan, ukuran elektroda, pH dan jenis larutan elektrolit pendukung. Larutan elektrolit pendukung berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas listrik sehingga dapat mengurangi tegangan yang diperlukan dalam menghasilkan arus listrik tertentu. Degradasi elektrokimia dibagi menjadi 2 yaitu degradasi langsung dan termediasi.

Metode degradasi tidak langsung atau metode oksidasi elektrokimia dimediasi (OED) merupakan suatu proses siklus yang melibatkan pembuatan agen redoks secara elektrokimia dan penggunaannya dalam mendegradasi polutan organik. Proses ini menggunakan sel elektrokimia untuk mengoksidasi atau mendestruksi senyawa organik pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer.

Oksidator dihasilkan pada anoda digunakan untuk mendestruksi senyawa organik menjadi CO_2 , H_2O dan molekul

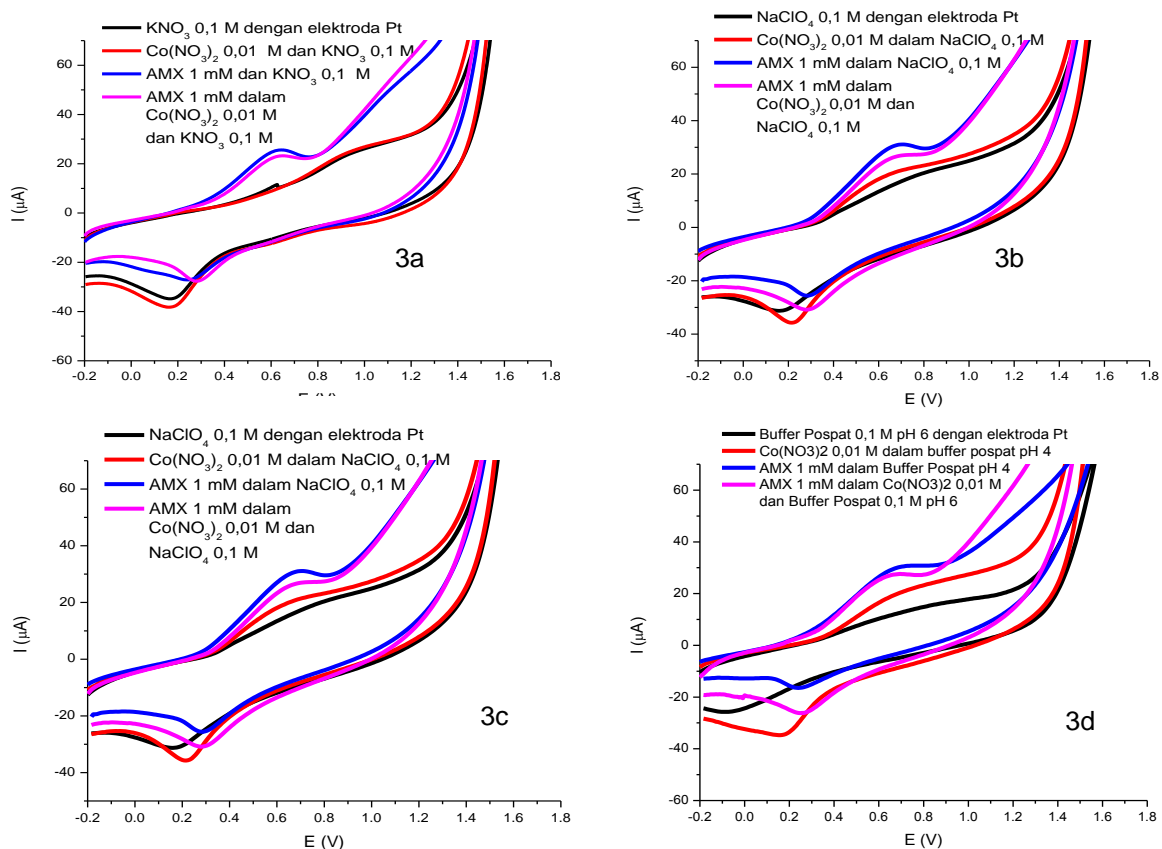
sederhana. Ion logam memiliki potensi yang kuat untuk mengoksidasi sehingga tidak memerlukan kondisi temperatur tinggi untuk mendegradasi senyawa organik [10]. Selama proses degradasi, ion logam dapat

digunakan secara berulang-ulang karena ketika mendegradasi akan kembali ke keadaan awal dan dapat dioksidasi kembali secara elektrokimia seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Proses siklus dalam sel anoda pada metode oksidasi elektrokimia termediasi menggunakan mediator Co(III).

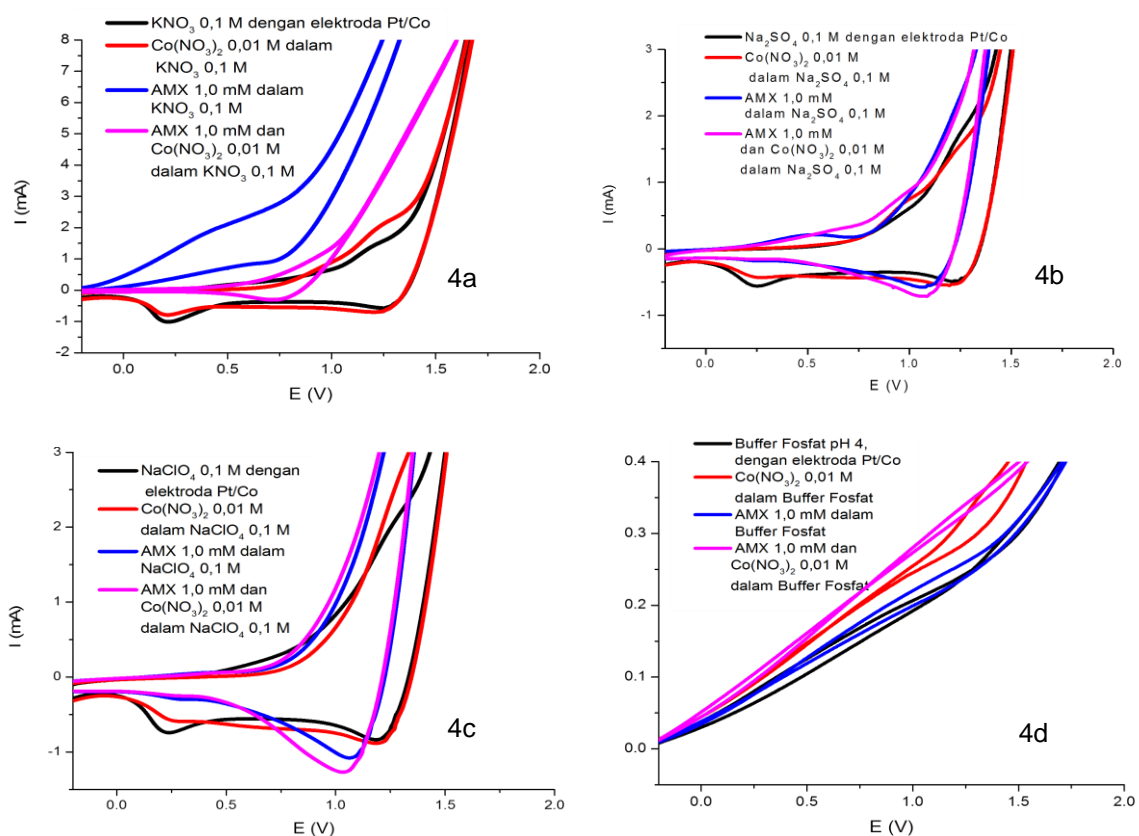
Voltammogram dan data dari elektroda kerja Pt, Pt/Co dan PtCo(OH)₂ di dalam berbagai larutan elektrolit disajikan pada Gambar 3-5, Tabel 2 dan Tabel 3.



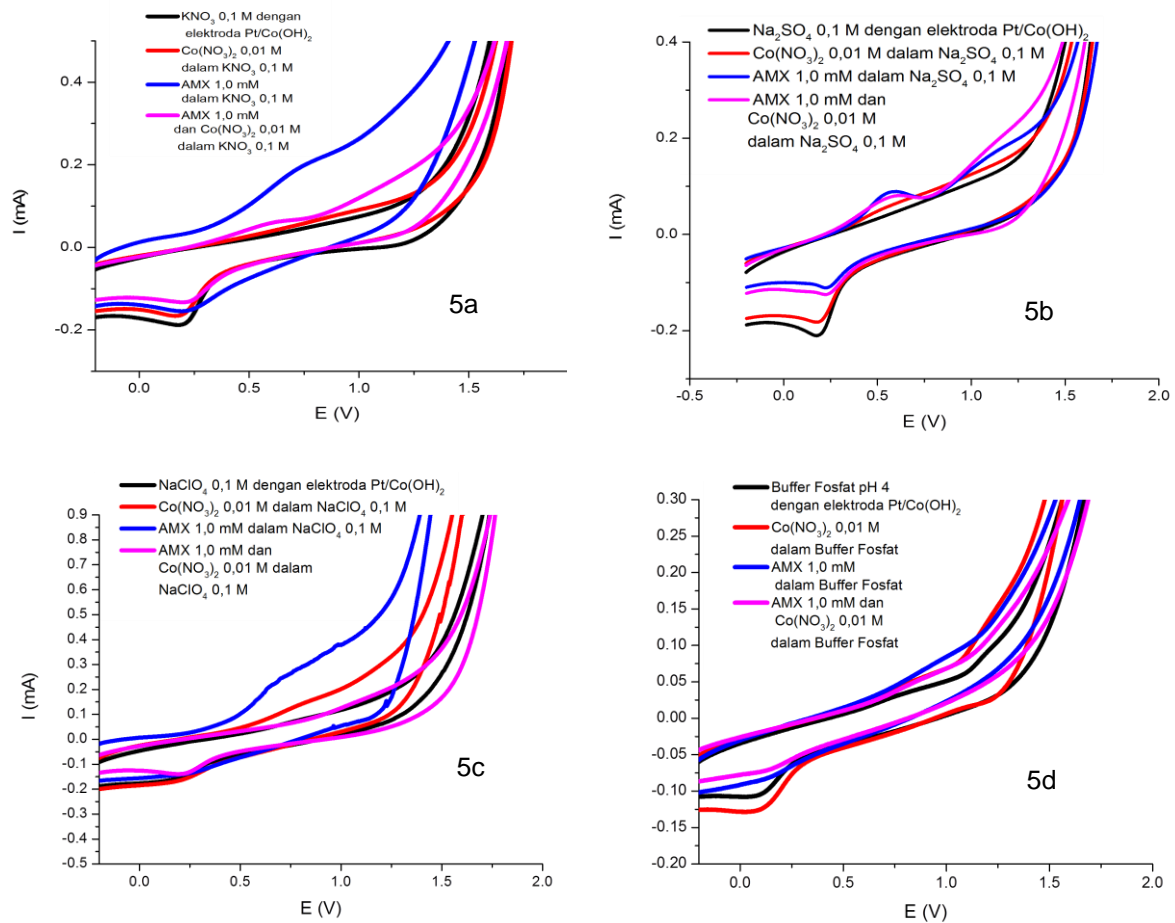
Gambar 3. Voltammogram larutan campuran larutan amoksisilin 1,0 mM dan larutan elektrolit pendukung 0,1 M (a) KNO₃ M (b) Na₂SO₄ (c) NaClO₄ dan (d) buffer fosfat pH 4,5 dengan elektroda kerja Pt cakram, elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda pembantu elektroda Pt, laju pindai 100 mVs⁻¹.

Tabel 2. Data voltammogram siklik dari campuran larutan amoksisilin 1,0 mM, kobal nitrat 0,01 M dan larutan elektrolit 0,1 M dengan elektroda kerja Pt, elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda pembantu elektroda Pt

Sampel dengan elektroda kerja Pt cakram	Parameter			
	Epa (mV)	Epc (V)	Ipc (μ A)	Ipa (μ A)
1. AMX + KNO ₃	602,0	250,0	-10,582	8,744
2. AMX + Co(NO ₃) ₂ + KNO ₃	600,6	286,0	-12,582	6,692
3. AMX + NaClO ₄	632,0	288,0	-14,320	9,354
4. AMX + Co(NO ₃) ₂ + NaClO ₄	632,0	288,0	-12,667	6,78
5. AMX + Na ₂ SO ₄	592,0	264,0	-19,500	9,328
6. AMX + Co(NO ₃) ₂ + Na ₂ SO ₄	608,0	280,0	-10,578	5,753
7. AMX + Buffer Fosfat (PBS)	640,0	248,0	-6,081	8,209
8. AMX + Co(NO ₃) ₂ + PBS	616,0	264,0	-12,817	7,460



Gambar 4. Voltammogram larutan campuran larutan amoksisilin 1,0 mM, kobal nitrat 0,01 M dan larutan elektrolit pendukung 0,1 M (a) KNO₃ (b) Na₂SO₄ (c) NaClO₄ dan (d) Buffer Fosfat dengan elektroda kerja Pt/Co, elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda pembantu elektroda Pt, laju pindai 100 mVs⁻¹.



Gambar 5. Voltammogram larutan campuran larutan amoksisilin 1,0 mM dan larutan elektrolit pendukung 0,1 M (a) KNO_3 M (b) Na_2SO_4 (c) NaClO_4 (d) Buffer Fosfat dengan elektroda kerja Pt/Co(OH)_2 , elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda pembantu elektroda Pt, laju pindai 100 mVs^{-1} .

Tabel 3. Data voltammogram siklik dari campuran larutan amoksisilin 1,0 mM, kobal nitrat 0,01 M dan larutan elektrolit 0,1 M dengan elektroda kerja Pt/Co dan Pt/Co(OH)_2 , elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda pembantu elektroda Pt

Sampel	Parameter			
	Elektroda Pt/Co		Elektroda Pt/Co(OH)_2	
	Epa (mV)	Ipa (mA)	Epa (mV)	Ipa (mA)
1. AMX + KNO_3	428	0,1330	636	0,0585
2. AMX + $\text{Co(NO}_3)_2$ + KNO_3	-	Tidak terlihat	-	Tidak terlihat
3. AMX + NaClO_4	420	0,0161	520	0,0136
4. AMX + $\text{Co(NO}_3)_2$ + NaClO_4	434	0,0050	-	Tidak terlihat
5. AMX + Na_2SO_4	500	0,0832	602	0,0195
6. AMX + $\text{Co(NO}_3)_2$ + Na_2SO_4	-	Tidak terlihat	608	0,0087
9. AMX + Buffer Fosfat	597	0,0572	576	0,0025
10. AMX + $\text{Co(NO}_3)_2$ + Buffer Fosfat	-	Tidak terlihat	574	0,0011

Berdasarkan voltammogram dan tabel tersebut di atas, amoksisilin di dalam larutan elektrolit netral tergolong senyawa elektroaktif karena dapat memberikan nilai puncak oksidasi di sekitar 500- 670 mV dan tidak memberikan puncak reduksi pada rentang potensial 200-1800 mV. Perbandingan voltammogram amoksisilin dengan dan tanpa penambahan Co(II) membuktikan bahwa Co(III) yang terbentuk dapat mengoksidasi amoksisilin. Hal ini dibuktikan dengan tingginya arus puncak oksidasi amoksisilin pada larutan elektrolit pendukung dan lebih rendah pada voltammogram amoksisilin dengan penambahan Co(II). Dengan adanya peningkatan beda potensial yang diterapkan, spesi Co(II) akan mengalami oksidasi menjadi Co(III) di permukaan elektroda. Adanya spesi Co(III) sebagai mediator akan mengoksidasi amoksisilin di permukaan elektroda sehingga nilai puncak oksidasi amoksisilin yang terukur menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penambahan Co(II). Dari voltammogram yang dihasilkan terlihat pada penggunaan elektroda kerja Pt, Pt berlapis kobal, dan Pt/Co(OH)₂ dengan elektrolit pendukung KNO₃ 0.1M memberikan respon arus yang lebih tinggi dibanding elektrolit pendukung lainnya. Dan elektroda Pt/Co memberikan respon arus yang lebih tinggi dibandingkan Pt/Co(OH)₂ dan Pt cakram.

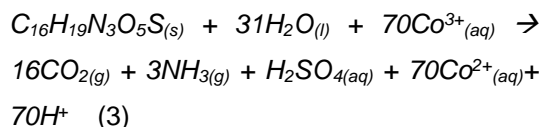
Elektrolit pendukung berfungsi diperlukan untuk mengontrol potensial yang diterapkan dalam pengukuran dengan mengurangi efek elektromigrasi larutan dan mempertahankan kekuatan ionik yang konstan. Elektrolit pendukung bersifat inert berasal dari garam anorganik, asam mineral atau buffer, bersifat murni dan tidak boleh mudah teroksidasi atau

tereduksi di sekitar potensial analit. Karenanya untuk meminimalkan potensial yang timbul dari elektrolit pendukung sebelum dilakukan pengukuran gas nitrogen perlu dialirkan ke dalam larutan [11].

Penggunaan elektrolit pendukung yang berbeda pada penelitian memperlihatkan dengan menggunakan KNO₃ dapat memberikan potensial oksidasi amoksisilin yang lebih tinggi dibandingkan elektrolit pendukung Na₂SO₄, NaClO₄ dan buffer posfat. Dan dengan penambahan Co(II) yang teroksidasi di dalam sel membentuk Co(III) memperlihatkan puncak oksidasi dari amoksisilin yang berkurang dibandingkan tanpa ada penambahan mediator.

Kinerja pengukuran secara voltametri sangat dipengaruhi oleh bahan elektroda kerja. Elektroda kerja harus memberikan sinyal yang tinggi daripada sinyal pengganggu dan dapat memberikan reproduktifitas yang baik. Pemilihan elektroda kerja tergantung terutama pada dua faktor: perilaku redoks analit target dan latar belakang (elektrolit pendukung), kisaran potensial kerja yang diterapkan, konduktivitas listrik, reproduktifitas permukaan elektroda, dan sifat mekaniknya. Elektroda platina merupakan salah satu elektroda inert, stabil yang dapat memberikan sinyal listrik yang tinggi dan memiliki jendela potensial yang lebih besar baik dalam suasana medium asam, netral dan basa. Modifikasi elektroda platina dalam penelitian ini dilakukan untuk memberikan peningkatan kinerja elektroda platina sehingga dalam proses degradasi yang terjadi di permukaan elektroda, dapat mengoksidasi amoksisilin lebih cepat. Modifikasi dilakukan dengan menggunakan spesi ion kobal, membentuk

elektroda kerja Pt/Co dan Pt/Co(OH)₂. Proses degradasi amoksisilin oleh ion kobal bila reaksi oksidasi dianggap memberikan degradasi yang sempurna adalah sebagai berikut:



Dari hasil yang diperoleh memperlihatkan elektroda Pt/Co dan Pt/Co(OH)₂ lebih baik mengoksidasi amoksisilin dalam medium KNO₃, hal ini dikarenakan adanya spesi ion kobal di dalam sistem yang juga berperan sebagai pengoksidasi, sehingga proses degradasi memungkinkan lebih cepat tercapai. Elektroda platina juga memberikan penurunan puncak oksidasi dari amoksisilin pada saat adanya penambahan ion kobal di dalam sistem.

KESIMPULAN

Elektrolit pendukung yang digunakan bersifat netral berfungsi untuk mempertahankan kekuatan ionik di dalam sistem. Elektroda kerja Pt/Co dapat mengoksidasi amoksisilin lebih baik dibandingkan elektroda Pt/Co(OH)₂ dan elektroda Pt di dalam larutan elektrolit pendukung KNO₃ dengan kehadiran mediator kobal (III). Dimana elektroda kerja Pt/Co memberikan penurunan puncak arus oksidasi yang lebih tinggi dibandingkan elektroda Pt/Co(OH)₂ dan elektroda Pt cakram. Dalam penelitian ini, mediator kobal (III) berfungsi sebagai oksidator yang mengoksidasi larutan amoksisilin dalam suasana netral. Ketiga elektroda ini dapat digunakan untuk mengoksidasi amoksisilin di dalam berbagai larutan elektrolit pendukung

dan dapat diterapkan lebih lanjut penggunaannya untuk menanggulangi limbah nyata antibiotik dengan proses oksidasi elektrokimia dimediasi ion kobal secara elektrokimia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DP2M Kemenristek Dikti atas pembiayaan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Desertasi Doktor tahun 2018.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Benito-Pena E., et.al., "Evaluation of mixed mode solid phase extraction cartridges for the preconcentration of beta-lactam antibiotics in wastewater using liquid chromatography with UV-DAD detection," *Anal Chim Acta*, vol. 556, pp. 415-422, 2005.
- [2] Arslan-Alaton I. and Dogruel S., "Pre-treatment of penicillin formulation effluent by advanced oxidation processes," *J Hazard Mater.*, vol. 112, pp. 105-13, 2004.
- [3] Anglada A., et.al., "Contributions of electrochemical oxidation to wastewater treatment: fundamentals and review of applications," *J Chem Technol Biotechnol.*, vol. 84:17, p. 47-55, 2009.
- [4] Homem V. and Santos L., "Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices-a review," *J Environ Manage.*, vol. 92, pp. 2304-2347, 2011.
- [5] Pan X., et.al., "Toxic effects of amoxicillin on the photosystem II *Synechocystis* sp. characterized by a variety of in vivo chlorophyll fluorescence test," *Aquat Toxicol*, vol. 89, pp. 207-13, 2008.
- [6] Elmolla ES. and Chaudhuri M., "Comparison of different advanced oxidation processes for treatment of antibiotic aqueous solution,," *Desalination*, vol. 256, pp. 43-47, 2010.

- [7] C. Martínez-Huitle and Ferro S., "Electrochemical oxidation of organic pollutants for the wastewater treatment: direct and indirect processes," *Chem.Soc.Rev.*, vol. 35, pp. 1324-1340, 2006.
- [8] Adriana L.E., et.al., "Biodegradability enhancement of wastewater containing cefalexin by means of the electro-Fenton process," *J Hazard Mater.*, vol.227-228, pp. 41-48, 2012.
- [9] M. Matheswaran, et.al., "Mineralization of phenol by Ce (IV)-mediated electrochemical oxidation in methanesulphonic acid medium: A preliminary study," *Chemosphere*, vol. 69(2), pp. 325-331, 2007.
- [10] Farmer J.C., et.al., "Destruction of chlorinated organics by cobalt (III) mediated electrochemical oxidation," *J Electrochem Soc.*, vol. 139 (11), p. 3025–3028, 1992.
- [11] J. Wang, *Analytical Electrochemistry* 2nd Ed, New York: John Wiley and Sons, 2000.
- [12] Hasanzadeh M., et.al., "A study of the electrocatalytic oxidation of cyclohexanol on copper electrode," *Catal Commun.*, vol. 10, p. 295–299, 2008.
- [13] Ghasem K., et.al., "Electro-oxidation of ascorbic acid catalyzed on cobalt hydroxide-modified glassy carbon electrode," *J. Serb Chem Soc.*, vol. 74, p. 581–593, 2009.