

# Fabrikasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl dengan Berbagai Membran

Maryanto, A<sup>1</sup>; Kurniawan, F<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS. Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

\*fredy@chem.its.ac.id

## Abstract

*Ag/AgCl reference electrode has been fabricated using various types of membranes, i.e. cellulose, polyisoprene, graphite, kaolinite, and LDPE. The electrodes performance were observed by measuring 0.1 M  $K_4[Fe(CN)_6]$  solution. The measurements were repeated for every 2 hours during 24 hours, then every 24 hours during 6 days, and after that every 3 days for two times using cyclic voltammetry. The voltammograms obtained of various membranes were compared to Ag/AgCl commercial reference electrode voltammogram. Validation of the results was conducted by F-test and t-test. The Ag/AgCl reference electrode using polyisoprene and LDPE membranes have a performance close to commercial electrode.*

Keywords: electrode, voltammetry, Ag/AgCl.

## Abstrak

*Telah dibuat elektroda pembanding Ag/AgCl dengan berbagai membran, yaitu selulosa, poliisoprena, grafit, kaolin, dan LDPE. Kinerja dari elektroda pembanding tersebut, diamati dengan mengukur  $K_4[Fe(CN)_6]$  0,1 M. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam selama 24 jam, dilanjutkan setiap 24 jam selama 6 hari, dan dilanjutkan lagi setiap 3 hari selama 2 kali dengan voltametri siklik. Voltammogram yang diperoleh dari berbagai jenis membran dibandingkan dengan hasil pengukuran elektroda pembanding Ag/AgCl komersial. Validasi data dilakukan dengan uji F dan uji t. Hasil uji menunjukkan bahwa elektroda pembanding Ag/AgCl menggunakan membran poliisoprena dan LDPE memiliki kinerja yang mendekati elektroda pembanding Ag/AgCl komersial.*

Kata kunci: elektroda, voltametri, Ag/AgCl.

## 1. Pendahuluan

Analisa elektrokimia merupakan salah satu teknik yang mendapat perhatian cukup besar saat ini. Hal ini disebabkan karena instrumen yang dipergunakan relatif kecil, biaya operasional murah, serta pengoperasian yang mudah [1–3]. Parameter yang diukur dapat berupa arus listrik, potensial listrik, muatan listrik, impedansi maupun kapasitansi [4,5]. Pada umumnya pengukuran secara elektrokimia terkait erat dengan elektroda yang digunakan, yang biasanya menggunakan sistem dua elektroda atau tiga elektroda [1,6,7]. Elektroda berdasarkan fungsinya

dapat digolongkan menjadi tiga jenis yaitu elektroda kerja, elektroda bantu dan elektroda pembanding [8].

Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi dan oksidasi. Pada elektroda ini terjadi respon dari analit yang akan diuji. Elektroda kerja dapat dimodifikasi untuk keperluan analisis, seperti yang telah dilaporkan oleh Kurniawan dkk., 2017 [9], Zulkarnain dkk., 2016 [6], Fitriyana dan Kurniawan, 2015 [7], Candle dan Kurniawan, 2015 [10] dan Nugroho dan Kurniawan, 2015, [11]. Sedangkan elektroda pembanding merupakan elektroda setengah sel yang diketahui nilai potensialnya. Potensial yang

diaplikasikan merupakan beda potensial antara elektroda kerja dengan elektroda pembanding. Dalam sistem dua elektroda, elektron akan mengalir lewat elektroda pembanding. Sehingga pada sistem ini elektroda pembanding akan sulit untuk mempertahankan potensialnya agar tetap pada titik tertentu. Hal ini mengakibatkan elektroda pembanding mempunyai kemungkinan ikut bereaksi (mengalami perubahan). Kekurangan ini diperbaiki dalam sistem tiga elektroda. Sebuah elektroda ditambahkan, dan memberikan impedansi yang besar pada elektroda pembanding, sehingga elektron akan melewati elektroda ketiga yang dinamakan dengan elektroda bantu. Walaupun sistem tiga elektroda lebih sempurna, namun sistem dua elektroda masih sering digunakan karena lebih sederhana [1,12]. Prasyarat utama dari elektroda pembanding adalah memiliki potensial yang diketahui pasti dan relatif tidak berubah selama digunakan. Contoh elektroda yang telah dikenal secara luas yaitu elektroda hidrogen standar (EHS), elektroda kalomel Jenuh (EKJ), elektroda merkuri/merkuri sulfat, dan elektroda Ag/AgCl [13].

Gao P. dkk telah memodifikasi elektroda pembanding Ag/AgCl dengan menggunakan selubung kuarsa yang diuji dalam larutan CaCl<sub>2</sub> [14]. Penelitian ini menunjukkan kinerja yang baik dalam hal reproduisibilitas dan stabilitas selama percobaan dengan variasi suhu (700 - 950°C). Kuarsa tahan pada suhu tinggi lebih dari 1200°C dan bersifat konduktif. Kuarsa juga tahan dalam garam klorida cair. Pembuatan elektroda ini membutuhkan teknik khusus layaknya pembuatan alat dengan bahan dasar kaca, mulai dari pembentukan kaca serta teknik meniup kaca sehingga terbentuk sesuai dengan ukuran yang benar. Penelitian dari elektroda Ag/AgCl dengan kuarsa sebagai membran dan selubung menunjukkan hasil stabil, reversibel, bebas dari kontaminan, dan memiliki waktu hidup yang relatif lama. Membran ini sangat diperlukan pada elektroda pembanding agar tidak terjadi pencampuran antara sampel yang diukur dan elektroda pembanding namun aktivitas ion-ion/elektronnya masih tetep bisa berlangsung. Salah satu membran yang dapat digunakan adalah membran selulosa [15].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan elektroda pembanding Ag/AgCl dengan menggunakan berbagai jenis membran yang berbeda. Stabilitas elektroda pembanding

Ag/AgCl terhadap larutan uji diamati. Jenis membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah selulosa, poliisoprena, grafit, kaolin, dan LDPE. Bahan ini digunakan karena mudah didapat dan murah dan memiliki pori dengan ukuran tertentu yang potensial untuk digunakan sebagai membran pada elektroda pembanding. Dimensi elektroda pembanding Ag/AgCl dibuat lebih kecil dibandingkan dengan elektroda pembanding Ag/AgCl komersial. Dimensi yang lebih kecil berimplikasi pada biaya produksi dan kepraktisan saat digunakan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kowi, kempus, blendes, palu, cetakan kawat perak, tang, potensiostat, kabel, penjepit buaya, baterai 1,5 V, gunting, suntikan, gelas piala, pipet tetes, labu ukur. Potensiostat eDAQ E161 terhubung dengan corder 410 dan dilengkapi dengan software e-chem versi 201 dengan menggunakan sistem tiga elektroda. Emas sebagai elektroda kerja, elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan Pt sebagai elektroda bantu.

#### 2.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bijih perak murni, borak, pipa polietilen dengan diameter 2 mm, larutan KCl 3 M, larutan KCl 0,1 M, dan larutan K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] 0,1 M. Bahan membran yang digunakan adalah selulosa dari kacang hijau, poliisoprena, grafit, kaolin dari keramik ubin, dan LDPE.

## 2.2 Prosedur Kerja

### 2.2.1 Pelapisan Ag/AgCl

Bijih perak murni dilebur dan dibentuk menjadi kawat dengan diameter 0,26 mm. Kawat perak yang diperoleh dipotong dengan ukuran 7 cm sebanyak 5 buah. Salah satu ujung kawat perak disambungkan dengan kabel tembaga. Larutan KCl 1 M sebanyak 100 ml dimasukkan dalam gelas piala ukuran 150 mL. Elektrolisis dilakukan menggunakan elektroda perak dan larutan yang telah disiapkan diatas dengan memanfaatkan baterai 1,5 V. Kawat tembaga yang telah terhubung dengan kawat perak dipasang

dengan kutub (-) dan (+) dari baterai selama 1,5 menit. Kemudian kawat diangkat dan dikeringkan anginkan pada temperatur kamar. AgCl yang menempel pada kawat perak berwarna hitam keabu-abuan.

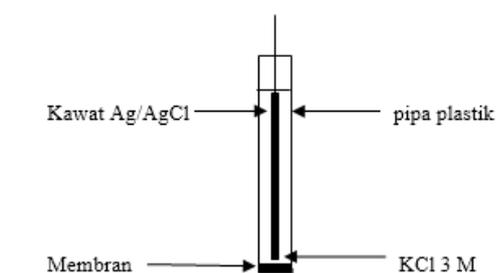
### 2.2.2 Pembuatan membran

Bahan membran berupa selulosa, poliisoprena, grafit, kaolin, dan LDPE dipersiapkan. Bahan-bahan membran tersebut dibentuk sedemikian rupa sehingga sesuai dengan ukuran lubang pipa polietilena yang akan digunakan sebagai badan dari elektroda pembanding. Masing-masing membran tersebut dilekatkan untuk menutup satu ujung lubang badan dari elektroda pembanding yang akan dibuat. Masing-masing membran dibuat sebanyak 3 buah.

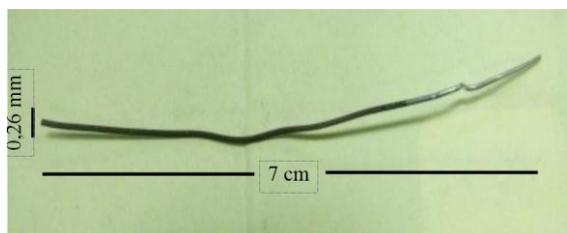
### 2.2.3 Pembuatan elektroda pembanding

#### Ag/AgCl

Bahan-bahan berupa pipa polietilen, kawat Ag/AgCl, larutan KCl 3M, dan membran disiapkan. Pipa polietilen disumbat ujungnya dengan membran. Pipa yang sudah disumbat dengan membran direndam dengan larutan KCl 3 M selama 1 hari. Kemudian pipa polietilen diangkat dan dikeringkan. Pipa polietilen diisi dengan larutan KCl 3 M, kemudian dimasukkan kawat Ag/AgCl. Susunan bahan elektroda ditunjukkan pada Gambar 1. Jenis membran yang digunakan divariasikan, dimana masing-masing variasi dibuat sebanyak 3 buah.



Gambar 1. Elektroda pembanding Ag/AgCl



Gambar 2. Kawat Ag/AgCl

### 2.2.4 Pengukuran elektroda pembanding

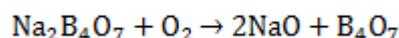
#### Ag/AgCl

Pengukuran elektrokimia dilakukan dengan menggunakan teknik voltametri siklik, dengan 3 jenis elektroda, emas sebagai elektroda kerja, Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan Pt sebagai elektroda pembantu. Larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  0,1 M dalam KCl 0,1 M dimasukkan ke dalam sampel holder. Ketiga elektroda diletakkan pada sampel holder. Potensiostat dioperasikan dengan parameter voltametri siklik (CV), pada potensial -500 mV sampai 800 mV dengan kecepatan sapuan 100mV/s dengan 5 kali pengulangan siklik. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap variasi membran. Dilakukan juga pengukuran sebanyak 3 kali untuk variasi elektroda lateks dan plastik.

## 3. Hasil dan diskusi

### 3.1 Pelapisan Ag/AgCl

Bijih perak murni disiapkan seberat 5 gram. Bijih perak dimasukkan ke dalam kowi, wadah berbentuk cawan terbuat dari tanah liat, dan selanjutnya ditambahkan borak. Borak digunakan untuk meningkatkan suhu pembakaran. Borak terbakar sempurna saat pembakaran perak, sehingga tidak akan menempel pada perak. Reaksinya adalah sebagai berikut:

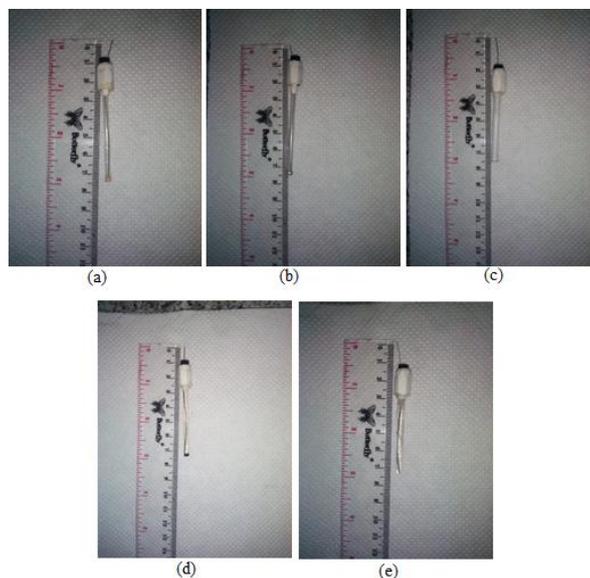


Perak dibakar dengan kempus dan bahan bakar bensin sampai membara dan mencair. Kemudian, perak dicetak dalam bentuk memanjang. Kawat perak yang berukuran awal 2,2 mm, dipanaskan menggunakan kempus sedang dan ditarik secara bertahap hingga mencapai ukuran yang diinginkan, yaitu 0,26 mm. Kawat tersebut kemudian dibentuk silinder.

Kawat perak berdiameter 0,26 mm, dipotong sebanyak 5 buah dengan ukuran 7 cm. Ujung kedua kawat dijepit dengan penjepit buaya yang sudah dihubungkan dengan kabel. Ujung kabel tersebut telah dihubungkan dengan baterai 1,5 V yang disusun secara seri. Larutan KCl 1 M disiapkan dalam gelas beker 50 mL. Larutan KCl berfungsi sebagai elektrolit untuk proses pelapisan kawat Ag dengan AgCl. Baterai 1,5 V yang disusun secara seri berfungsi sebagai sumber listrik dalam proses elektrolisis. Setelah semua

rangkaian siap, kawat perak direndam ke dalam larutan KCl 1 M untuk proses elektrolisis selama 1,5 menit. Kawat Ag berada pada posisi kutub positif sebagai anoda dan kawat Ag lainnya pada kutub negatif sebagai katoda. Pada kutub katoda terjadi reaksi reduksi dan kutub anoda mengalami oksidasi. Kawat pada kutub katoda terlapisi AgCl

yang berwarna hitam keabu-abuan (Gambar 3). Lama proses elektrolisis dapat mempengaruhi ketebalan AgCl yang melapisi kawat Ag. Semakin lama proses elektrolisis maka semakin tebal kawat Ag yang terlapisi sampai batas tertentu dan sebaliknya. Kawat Ag/AgCl yang telah terbentuk dikeringkan pada ruang terbuka.



**Gambar 3. Elektroda pembeding modifikasi (a) membran selulosa, (b) membran grafit, (c) membran kaolin, (d) membran poliisoprena, (e) membran LDPE**

### 3.2 Pembuatan membran dan elektroda pembeding Ag/AgCl

Kacang hijau dibentuk model silinder dengan diameter 2 mm dan tebal 1 mm untuk membuat membran selulosa. Membran selulosa dibuat sebanyak tiga buah. Membran yang telah dibentuk dimasukkan pada ujung pipa dan dilakukan pengecekan kebocoran dengan cara ditiup. Hal ini dimaksudkan agar saat pengukuran berlangsung tidak terjadi kebocoran. Pipa yang telah disumbat dengan membran kemudian direndam dengan KCl 3 M selama 24 jam. Langkah ini bertujuan untuk aktifasi membran agar siap digunakan pada saat pengukuran. Setelah dilakukan perendaman, dimasukkan KCl 3 M ke dalam pipa dengan menggunakan suntikan (diusahakan saat penyuntikkan KCl 3 M tidak terdapat gelembung di dalam pipa). Susunan bahan-bahan elektroda ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil pembuatan elektroda pembeding menggunakan membran selulosa yang berasal dari kacang hijau

ditampilkan pada Gambar 3a. Perlakuan yang sama dilakukan untuk pembuatan elektroda pembeding dengan menggunakan membran yang berasal dari grafit pensil, keramik ubin, dan karet ban. Hasil pembuatan elektroda pembeding menggunakan membran yang berasal dari grafit pensil ditampilkan pada Gambar 3b. Hasil pembuatan elektroda banding menggunakan membran kaolin yang berasal dari keramik ubin ditampilkan pada Gambar 3c. Hasil pembuatan elektroda banding menggunakan membran yang berasal dari karet ban motor ditampilkan pada Gambar 3d. Selanjutnya untuk pembuatan elektroda dengan menggunakan LDPE berbeda dengan pembuatan membran-membran sebelumnya. LDPE dililitkan pada pipa polietilen hingga rapat untuk membuatnya menjadi membran dan dibuat sebanyak tiga buah. Hasil pembuatan elektroda pembeding menggunakan membran yang berasal dari LDPE ditampilkan pada Gambar 3e.

Elektroda yang telah dibuat, kemudian disimpan dalam botol vial dengan ujung membran elektroda tercelup larutan KCl 3 M untuk menjaga stabilitas selama tidak digunakan. Elektroda yang telah dibuat berjumlah 15 buah dengan masing-masing jenis membran berjumlah 3 buah.

### 3.3 Pengujian elektroda pembanding

Pengukuran elektrokimia dilakukan dengan menggunakan teknik voltametri siklik, dengan sistem tiga elektroda seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.2.4. Variasi waktu pengukuran dilakukan dengan variasi pengukuran hari pertama setiap 2 jam sekali selama 24 jam. Pengukuran selanjutnya 24 jam sekali selama 7 hari. Selanjutnya, 3 hari sekali dengan 2 kali pengukuran. Voltamogram hasil dari pengukuran elektroda pembanding Ag/AgCl buatan sendiri dan elektroda komersial dibandingkan menggunakan uji signifikansi (uji F dan uji t).

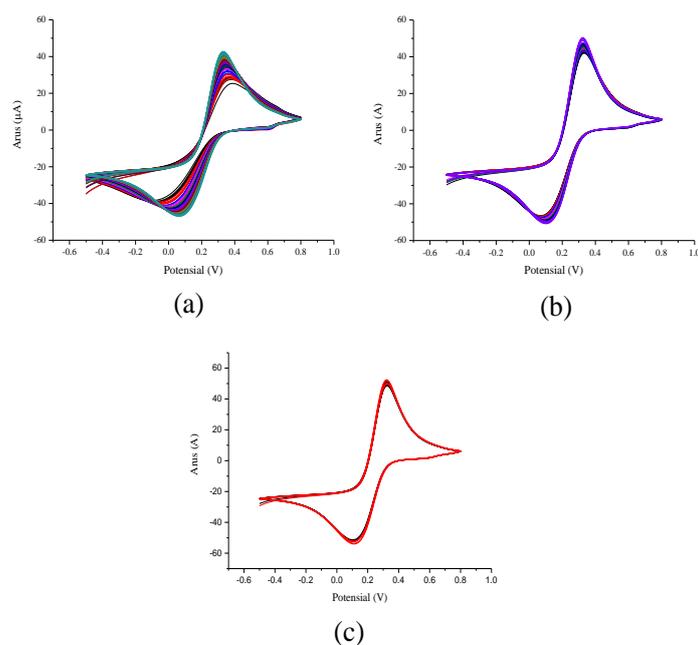
#### 3.3.1 Elektroda pembanding komersial

Hasil pengukuran elektrokimia untuk elektroda pembanding komersial dengan menggunakan teknik voltametri siklik pada variasi waktu 2 – 24 jam ditunjukkan pada Gambar 4a. Sedangkan

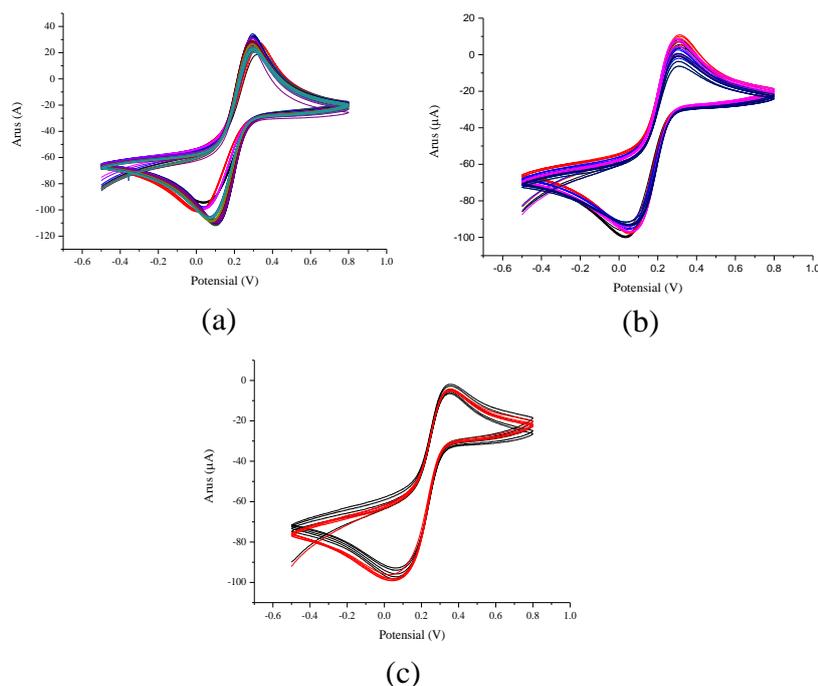
hasil pengukuran pada variasi waktu 48 – 168 jam dan 240 – 312 jam, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 4b dan 4c. Voltamogram menunjukkan adanya kenaikan arus puncak oksidasi dan reduksi dengan waktu pengukuran 2 – 24 jam. Namun tidak terdapat kenaikan arus puncak oksidasi dan reduksi untuk waktu pengukuran 48 – 168 jam dan 240 – 312 jam. Nilai potensial oksidasi dan reduksi untuk larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  dengan menggunakan elektroda pembanding komersial tidak mengalami perubahan yang signifikan untuk setiap waktu pengukuran. Puncak oksidasi dan reduksi masing – masing terbentuk pada potensial sekitar +0,335 V dan +0,069 V.

#### 3.3.2 Elektroda pembanding membran poliisoprena

Pengukuran elektrokimia untuk sampel poliisoprena yang berasal dari karet ban dengan menggunakan teknik voltametri siklik pada variasi waktu pengukuran tiap 2 jam sekali selama 24 jam, tiap 24 jam selama 6 hari, tiap 3 hari sebanyak 2 kali.



Gambar 4. Voltamogram elektroda komersial, (a) 2 – 24 jam, (b) 48 – 168 jam, (c) 240 - 312 jam



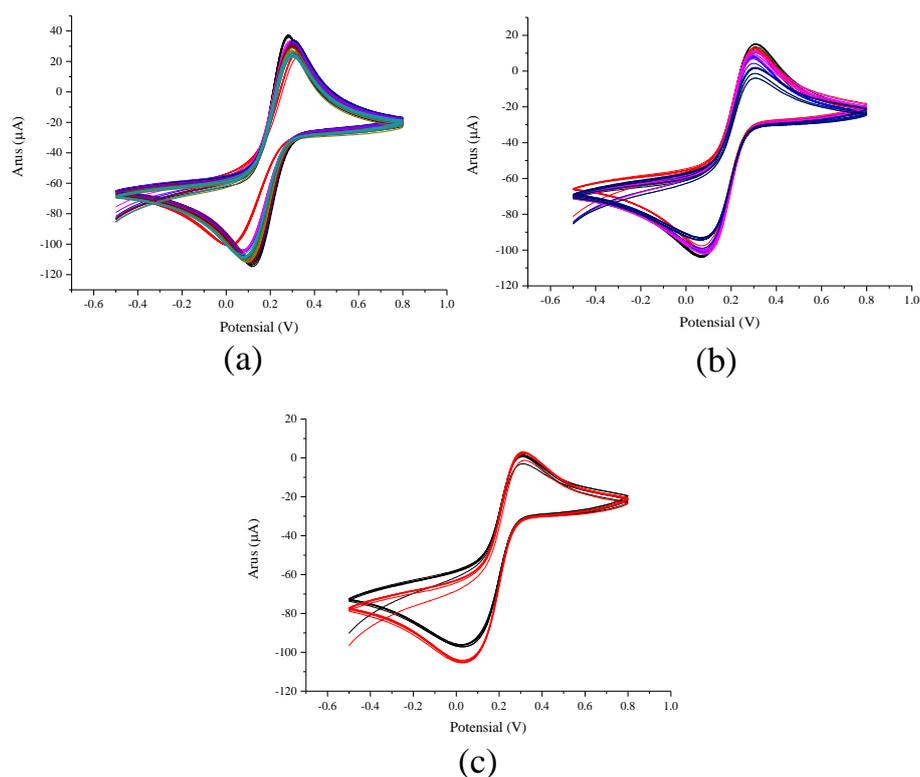
**Gambar 5. Voltamogram larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  elektroda pembanding membran poliisoprena (a) 2 – 24 jam, (b) 48 – 168 (c) 240 – 312 jam**

Gambar 5a merupakan voltamogram hasil pengukuran elektrokimia untuk elektroda pembanding dengan membran poliisoprena pada variasi waktu 2 – 24 jam. Voltamogram untuk pengujian pada variasi waktu 48 – 168 jam dan 240 – 312 jam ditunjukkan pada Gambar 5b dan 5c, secara berurutan. Berdasarkan voltamogram tersebut, terlihat adanya sinyal puncak oksidasi dan reduksi yang jelas untuk pengujian larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Voltamogram menunjukkan adanya perbedaan di setiap pengukuran. Pada pengukuran variasi waktu jam 240 – 312 mempunyai nilai puncak oksidasi tertinggi dibandingkan dengan variasi pengukuran 2 – 24 jam dan 48 – 168 jam. Pada pengukuran untuk variasi waktu 48 – 168 jam mengalami kenaikan arus puncak oksidasi dan reduksi yang signifikan. Nilai potensial oksidasi dan reduksi untuk larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  dengan menggunakan elektroda pembanding membran poliisoprena tidak mengalami perubahan yang signifikan untuk setiap waktu pengukuran. Puncak oksidasi dan reduksi masing – masing terbentuk pada potensial sekitar +0,307 V dan +0,088 V. Hasil dari uji statistik, uji F menunjukkan bahwa elektroda pembanding dengan membran poliisoprena mempunyai varian

potensial oksidasi yang tidak berbeda dengan elektroda pembanding komersial pada pengukuran siklik pertama. Sedangkan hasil uji t mempunyai perbedaan potensial oksidasi yang signifikan. Dengan demikian dari voltammogram disimpulkan bahwa elektroda ini relatif stabil tidak berbeda dengan elektroda komersial, walau potensialnya relatif bergeser. Pergeseran ini tidak akan mempengaruhi analisis.

### 3.3.3 Elektroda pembanding membran LDPE

Pengukuran elektrokimia untuk elektroda pembanding dengan membran LDPE menggunakan teknik voltametri siklik pada variasi waktu pengukuran 2 – 24 jam (Gambar 6a), 48 – 168 jam (Gambar 6b), 240 – 312 jam (Gambar 6c). Pada voltamogram menunjukkan terdapat kenaikan arus oksidasi dan reduksi dengan variasi waktu pengukuran yang berbeda. Nilai potensial oksidasi dan reduksi untuk larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  dengan elektroda pembanding membran LDPE tidak mengalami perubahan yang signifikan untuk setiap waktu pengukuran. Puncak oksidasi dan reduksi masing – masing terbentuk pada potensial sekitar +0,302 V dan +0,107 V.



**Gambar 6. Voltamogram larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  elektroda pembanding membran LDPE (a) 2 – 24 jam, (b) 48 – 168 jam, (c) 240 – 312 jam**

Hasil dari uji statistik, uji F menunjukkan bahwa elektroda pembanding dengan membran LDPE mempunyai varian potensial oksidasi yang berbeda dengan elektroda pembanding komersial pada pengukuran siklik pertama. Sedangkan hasil uji t mempunyai perbedaan potensial oksidasi yang signifikan.

### 3.3.4. Elektroda pembanding membran kaolin

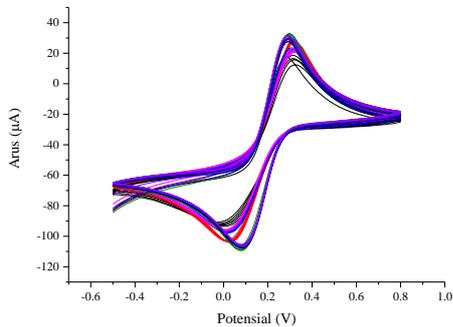
Kaolin diperoleh dari kandungan keramik ubin, karena keramik ubin terbentuk dari tanah liat dengan kandungan terbesar adalah kaolin. Pengukuran elektrokimia untuk elektroda pembanding dengan membran kaolin menggunakan teknik voltametri siklik pada variasi waktu pengukuran setiap 2 jam sekali selama 24 jam, setiap 24 jam selama 6 hari, dan setiap 3 hari sebanyak 2 kali diperoleh pada Gambar 7. Berdasarkan hasil voltamogram menggunakan sampel membran kaolin menunjukkan sinyal yang jelas untuk pengujian larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Hal itu ditunjukkan dengan adanya sinyal puncak

oksidasi dan puncak reduksi. Namun untuk hasil nilai potensial dari membran kaolin tidak dapat dilakukan perbandingan uji F dan uji t dengan nilai potensial elektroda komersial. Hal ini dikarenakan elektroda tersebut hanya dapat memberikan sinyal pada pengukuran 2 jam ke-7. Saat dilakukan pengukuran 2 jam ke-8, elektroda pembanding membran kaolin tidak memberikan sinyal.

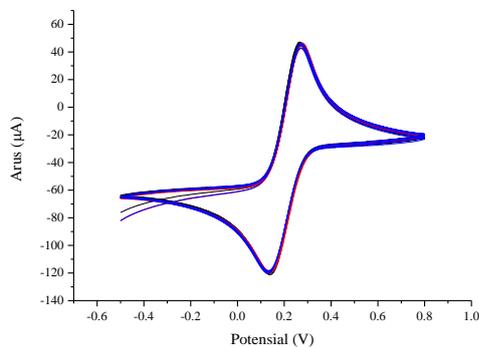
### 3.3.5 Elektroda pembanding membran selulosa

Selulosa diperoleh dari kandungan kacang hijau. Hasil pengukuran elektrokimia dari elektroda pembanding dengan membran selulosa menggunakan teknik voltametri siklik pada variasi waktu pengukuran setiap 2 jam sekali selama 24 jam, setiap 24 jam selama 6 hari, dan setiap 3 hari sebanyak 2 kali ditunjukkan pada Gambar 8. Berdasarkan hasil voltamogram sampel membran selulosa dapat memberikan hasil yang jelas untuk pengujian larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Hal itu ditunjukkan dengan adanya puncak oksidasi dan puncak reduksi. Namun pengujian dengan membran selulosa tidak dapat berlangsung lama

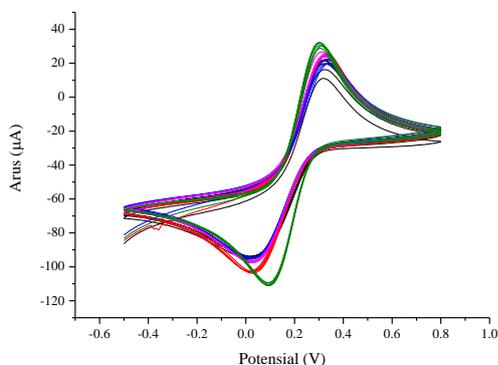
dan hanya memberikan sinyal pada pengukuran 2 jam pertama. Hal ini dikarenakan membran selulosa menunjukkan sinyal yang tidak bagus, dengan muncul sinyal yang tidak sesuai dalam bentuk siklik voltamogramnya.



**Gambar 7. Voltamogram larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  elektroda pembanding membran kaolin**



**Gambar 8. Voltamogram larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  elektroda pembanding membran selulosa**



**Gambar 9. Voltamogram larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$  elektroda pembanding membran grafit**

### 3.3.6 Elektroda pembanding membran grafit

Voltamogram dari hasil pengukuran elektrokimia untuk elektroda dengan membran grafit pada variasi waktu pengukuran setiap 2 jam sekali selama 24 jam, setiap 24 jam selama 6 hari, dan setiap 3 hari sebanyak 2 kali ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil voltamogram dari sampel membran grafit pensil menunjukkan sinyal yang jelas untuk pengujian larutan  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Hal itu ditunjukkan dengan adanya sinyal puncak oksidasi dan reduksi. Namun untuk hasil nilai potensial dari membran grafit tidak dapat dilakukan perbandingan uji F dan uji t dengan nilai potensial elektroda komersial karena hanya dapat memberikan sinyal pada pengukuran 2 jam ke-5. Saat dilakukan pengukuran 2 jam ke-6, elektroda pembanding membran grafit tidak memberikan sinyal.

## 4. Kesimpulan

Elektroda modifikasi menggunakan membran selulosa, poliisoprena, grafit, kaolin, dan LDPE dapat digunakan sebagai alternatif pengganti membran silika. Elektroda modifikasi tersebut telah menunjukkan adanya puncak oksidasi dan reduksi yang ditunjukkan dari voltamogramnya. Elektroda pembanding dengan membran poliisoprena dan LDPE mempunyai daya tahan yang baik, karena dapat digunakan pengukuran selama variasi waktu yang ditentukan. Sedangkan elektroda pembanding modifikasi dengan membran selulosa hanya dapat digunakan pada pengukuran 2 jam pertama. Elektroda pembanding modifikasi dengan membran kaolin dapat digunakan sampai 2 jam ke-7. Elektroda pembanding modifikasi dengan membran grafit dapat digunakan sampai 2 jam ke-5. Dari percobaan yang dihasilkan membran yang dapat menyamai elektroda pembanding komersial hanyalah yang menggunakan membran poliisoprena dan LDPE.

## Daftar Pustaka

- [1] J. Wang, I. John Wiley & Sons, Analytical Electrochemistry (Second Edition), Wiley-VCH, S.I, 2000.
- [2] F. Kurniawan, New analytical applications of gold nanoparticles, University of Regensburg, 2008.
- [3] D.A.B. Setyawati, F. Kurniawan, Sifat Elektrokimia Elektroda Emas Modifikasi Pasta Silika-Partikel Nanonikel Oksida terhadap Asam

- Oleat, in: Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNS, Surakarta, 2015.
- [4] F. Rouessac, A. Rouessac, *Chemical analysis: modern instrumentation methods and techniques*, 2nd ed, John Wiley, Chichester, England; Hoboken, NJ, 2007.
- [5] Zulkarnain, Suprpto, T. Ersam, F. Kurniawan, *ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF INSULIN AT SILICA GEL/CHITOSAN/NICKEL NANOPARTICLES PASTE ELECTRODE*, in: *Proceeding Int. Conf. Res. Implement. Educ. Math. Sci. 2015*, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Yogyakarta State University, Yogyakarta, 2015: pp. C143–C150.
- [6] Zulkarnain, Suprpto, T. Ersam, F. Kurniawan, *A Novel Selective and Sensitive Electrochemical Sensor for Insulin Detection*, *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 3 (2016) 496–502. doi:10.11591/ijeecs.v3.i2.pp496-502.
- [7] F. Fitriyana, F. Kurniawan, *Polyaniline-Invertase-Gold Nanoparticles Modified Gold Electrode for Sucrose Detection*, *Indones. J. Chem.* 15 (2015) 226–233.
- [8] D. Harvey, *Modern analytical chemistry*, McGraw-Hill, Boston, 2000.
- [9] F. Kurniawan, N.S. Al Kiswiyah, K.A. Madurani, M. Tominaga, *Single-Walled Carbon Nanotubes-Modified Gold Electrode for Dopamine Detection*, *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 6 (2017) M3109–M3112.
- [10] L. Candle, F. Kurniawan, *DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN EMAS TERMODIFIKASI Ni (OH) 2 NANOPARTIKEL DENGAN QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE (QCM)*, *J. Sains Dan Seni ITS.* 4 (2016) C42–C44.
- [11] A. Nugroho, F. Kurniawan, *Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi NiO nanopartikel pada Quartz Crystal Microbalance*, *J. Sains Dan Seni ITS.* 4 (2015) C32–C34.
- [12] A.J. Bard, L.R. Faulkner, *Electrochemical methods: fundamentals and applications*, 2nd ed, Wiley, New York, 2001.
- [13] J.W. Robinson, *Undergraduate Instrumental Analysis*, New York: Marcel Dekker, 2005.
- [14] P. Gao, X. Jin, D. Wang, X. Hu, G.Z. Chen, *A quartz sealed Ag/AgCl reference electrode for CaCl<sub>2</sub> based molten salts*, *J. Electroanal. Chem.* 579 (2005) 321–328.
- [15] F. Kurniawan, Sulistiyana, I. Ulfin, *New Bacterial Cellulose Membranes from Chayote Fruit and Bamboo Shoots*, *Int. J. Appl. Chem.* 10 (n.d.) 101–112.