

ELEKTRODEKOLORISASI LIMBAH CAIR INDUSTRI SARUNG TENUN SAMARINDA MENGGUNAKAN ELEKTRODA PbO₂/Pb DARI AKI BEKAS

ELECTRODECOLORIZATION OF LIQUID WASTE SAMARINDA WOVEN SARONG INDUSTRY USING PbO₂/Pb ELECTRODES FROM USED BATTERIES

Desi Fidyah Ramadani, Teguh Wirawan*, Nanang Tri Widodo

Program Studi S1 Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

*Corresponding Author : teguh.unmul.smd@gmail.com

Article History

Submitted : 09 July 2024

Accepted: 24 February 2025

ABSTRACT

Electrodecolorization of liquid waste from the Samarinda woven sarong industry using PbO₂/Pb electrode has been conducted. The purpose of this study was to decolorize woven sarong wastewater samples using the electrodecolorization method using lead dioxide (PbO₂) as the anode and lead (Pb) as the cathode. Electrodecolorization is carried out by varying working potential, Na₂SO₄ electrolyte concentration, time and electrode distance. The dye concentration was determined using a UV-Vis spectrophotometer. The research results showed that the optimum conditions for electrodecolorization of woven sarong wastewater samples were using PbO₂/Pb electrodes, namely with a working potential of 6 Volts, a Na₂SO₄ electrolyte concentration of 0.25 M, a time of 60 minutes, and a distance of 1 cm. The percentage of decolorization of Samarinda woven sarong wastewater samples using PbO₂/Pb electrodes, at maximum conditions was 98.75%.

Keywords: Electrodecolorization, PbO₂/Pb electrode, Samarinda woven sarong industry waste.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia semakin pesat diikuti dengan bertambahnya limbah yang dihasilkan. Salah satu industri yang berkembang pesat adalah industri tekstil yang menghasilkan limbah seperti zat warna dan logam.¹ Zat warna adalah senyawa organik yang memiliki pigmen untuk mewarnai objek atau kain.² Zat pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil terbagi menjadi dua kategori, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Zat warna alami (pigmen) merupakan zat warna yang didapatkan secara alami pada tanaman maupun hewan dan dibuat dari ekstrak tumbuhan.³ Pewarna sintetis digunakan di sebagian besar industri tekstil karena memiliki harga yang cukup terjangkau, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah dalam penggunaan.⁴ Namun penggunaan dari zat pewarna sintetis dapat memberikan dampak negatif yaitu menimbulkan pencemaran lingkungan dan kesehatan karena limbah dari pewarna sintetis dapat mencemari sumber-sumber air, baik yang dibuang ke sungai ataupun yang dibuang langsung ke tanah karena akan mudah masuk ke sumur dan sulit terurai di alam.³ Limbah pewarna tekstil sebelum dibuang ke saluran air harus diolah terlebih dahulu.⁴

Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menghapus kontaminan yang ada di dalamnya agar limbah tersebut dapat dibuang sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.⁵ Berbagai teknik untuk mengolah limbah zat warna sedang dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam membersihkan limbah zat warna dari lingkungan perairan. Salah satunya adalah metode elektrolisis atau

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



elektrodekolorisasi. Metode elektrodekolorisasi adalah proses elektrokimia yang menggunakan arus listrik searah untuk menghilangkan zat warna.⁶ Metode ini dianggap sangat cocok untuk mengolah limbah tekstil yang memiliki kandungan zat warna organik yang tinggi, karena akan mudah terjadi degradasi di anoda. Selain itu, metode elektrolisis tidak menggunakan bahan kimia tambahan, tidak terdapat proses pemisahan katalis serta mudah digunakan.⁷

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini berfokus pada proses pengoptimalan menurunkan kadar zat warna yang terdapat dalam limbah sarung tenun Samarinda menggunakan proses elektrodekolorisasi dengan memvariasikan potensial kerja, konsentrasi elektrolit, waktu dan jarak elektroda sehingga didapatkan kondisi optimum yang akan diaplikasikan pada sampel limbah cair.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan metode elektrodekolorisasi menurunkan kadar warna pada larutan berwarna merah menggunakan variasi potensial kerja, konsentrasi elektrolit, waktu dan variasi konsentrasi elektrolit agar mendapatkan kondisi optimum yang diaplikasikan pada sampel limbah cair Sarung Tenun Samarinda, dimana kondisi optimum dari masing-masing variasi dilihat dari persentase dekolorisasi yang sesuai hasil pengukuran absorbansi dengan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis sehingga persentase dekolorisasi yang diperoleh dari elektrodekolorisasi yang menggunakan elektroda PbO_2/Pb pada sampel limbah cair Sarung Tenun Samarinda.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yaitu rangkaian alat elektrolisis, power supply, kabel penghubung, penjepit buaya, gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, bulp, neraca analitik, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, dan spektrofotometer UV-Vis.

2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri sarung tenun Samarinda, padatan Na_2SO_4 , akuades, aluminium foil, *plastic wrap* dan tisu.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Pada penentuan panjang gelombang maksimum, sampel limbah sarung tenun Samarinda diukur pada panjang gelombang 400-800 nm dengan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum akan digunakan untuk pengukuran dalam penelitian.

2.2.2. Variasi Potensial Kerja

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kemudian ditambahkan Na_2SO_4 sebagai elektrolit hingga konsentrasinya 0,25 M lalu diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan timbal (Pb) sebagai katoda dan timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda dengan variasi potensial kerja 1; 2; 3; 4; 5; 6 dan 7 Volt selama 60 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

2.2.3. Variasi Konsentrasi Elektrolit

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia tanpa penambahan elektrolit dielektrodekolorisasi dengan timbal (Pb) sebagai katoda dan timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda pada potensial kerja optimum selama 60 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah tersebut diulangi dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasinya 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 dan 0,3 M. Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya.

2.2.4. Variasi Waktu

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kemudian ditambahkan sejumlah elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasi 0,25 M lalu diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan timbal (Pb) sebagai katoda dan timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda pada potensial kerja optimum selama 10 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah diatas diulangi dengan memvariasikan waktu 20; 30; 40; 50; 60; 70 dan 80 menit. Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya.

2.2.5. Variasi Jarak Elektroda

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kemudian ditambahkan sejumlah elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasi 0,25 M lalu diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi d hingga konsentrasi optimum lalu diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan timbal (Pb) sebagai katoda dan timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda pada potensial kerja optimum selama 60 menit dengan jarak elektroda sebesar 1 cm. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah diatas diulangi dengan memvariasikan jarak antar elektroda sebesar 2; 3 dan 4 cm. Pada masing-masing variasi ditentukan presentasi dekolorisasinya.

2.3 Analisis Data

Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya dimana persentase dekolorisasi diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut.

$$\text{Persentase dekolorisasi} = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad \text{Persamaan 1}$$

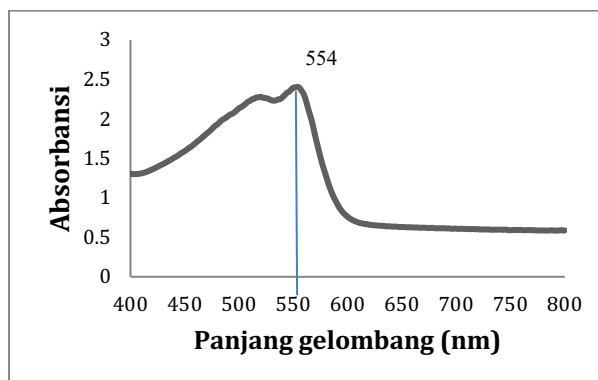
Keterangan:

ΔA = Perubahan absorbansi (absorbansi awal-absorbansi akhir)

A_0 = Absorbansi awal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

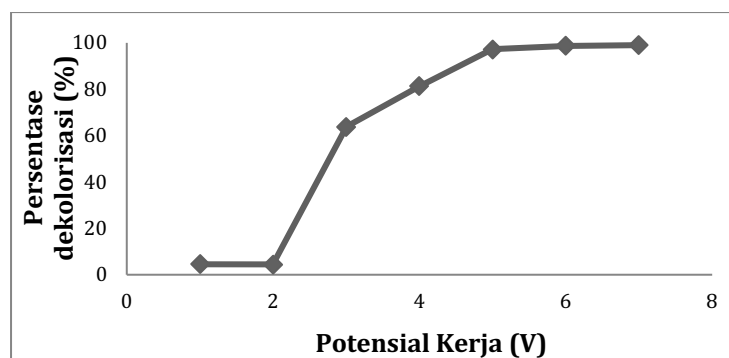
Penentuan panjang gelombang maksimum sampel limbah sarung tenun dilakukan dengan cara menyiapkan limbah sarung tenun Samarinda, kemudian larutan diukur menggunakan spektrofotometer visible dengan panjang gelombang 400-800 nm. Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada **Gambar 1** diperoleh panjang gelombang maksimum pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda yaitu 554 nm.



Gambar 1. Spektra UV-Vis panjang gelombang maksimum sampel limbah sarung tenun Samarinda.

Penentuan potensial kerja optimum dilakukan dengan memvariasikan potensial kerja pada sampel air limbah sarung tenun yang dielektrodekolorisasi untuk mengetahui potensial kerja

optimum dimana terjadi dekolorisasi yang maksimal pada sampel. Hasil penentuan potensial kerja optimum sampel air limbah sarung tenun ditunjukkan pada **Gambar 2**.

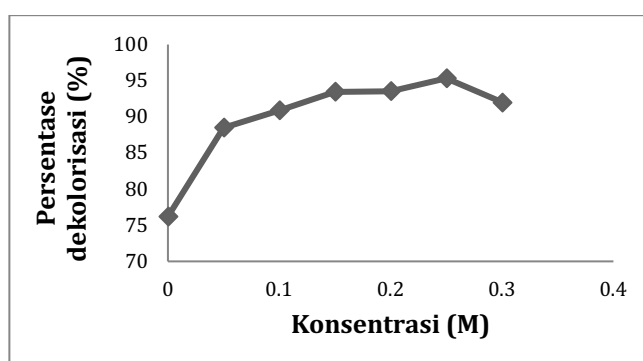


Gambar 2. Variasi potensial kerja.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 2** potensial kerja optimum yang diperoleh sebesar 6 Volt dengan persentase dekolorisasi sebesar 98,75%. Oleh karena itu, pada perlakuan elektrokolorisasi selanjutnya digunakan voltase sebesar 6 Volt dikarenakan pada voltase tersebut terjadi kesetimbangan pembentukan kompleks antara zat warna dengan timbal dioksida sehingga kekuatan ionnya mencapai maksimal. Pada saat voltase 6 persentase dekolorisasi yang dihasilkan terbilang konstan dan tidak terjadi kenaikan signifikan. Hal ini disebabkan karena pemberian ion dari anoda ke katoda sangat besar sehingga menyebabkan persentase dekolorisasi maksimal. Jika rapat arus di anoda terlalu tinggi anoda akan melebihi batas pembentukan flok-flok.⁸

Larutan sampel yang semula berwarna akan menjadi tidak berwarna dan ditunjukkan juga dengan absorbansi yang mengalami penurunan. Penurunan intensitas warna setelah elektrolisis terjadi akibat proses destruksi dan reaksi PbO_2 dengan pelarut dan sampel.⁹ Interaksi yang terjadi dapat menghasilkan suatu radikal bebas dalam proses dekolorisasi sampel. Interaksi PbO_2 tersebut juga menghasilkan elektron yang dapat meningkatkan jumlah elektron sehingga sebanding dengan tingkat elektrokolorisasi yang dialami oleh sampel.⁵

Penentuan konsentrasi elektrolit optimum dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda yang dielektrokolorisasi untuk mengetahui konsentrasi elektrolit optimum yang digunakan untuk elektrokolorisasi sehingga larutan menjadi jernih. Elektrolit Na_2SO_4 berfungsi sebagai pendukung untuk membantu proses transfer elektron selama elektrolisis berlangsung dan menjaga daya hantar sistem agar selalu konstan.¹⁰ Hasil penentuan konsentrasi elektrolit optimum sampel air limbah sarung tenun Samarinda ditunjukkan pada **Gambar 3**.

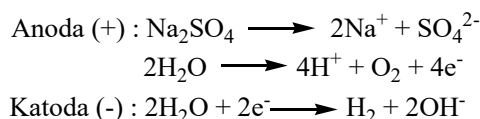


Gambar 3. Variasi konsentrasi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 3** konsentrasi elektrolit optimum Na_2SO_4 yang diperoleh sebesar 0,25 M dengan persentase dekolorisasi sebesar 95,32%. Hal ini karena semakin besar konsentrasi Na_2SO_4 semakin besar juga arus yang mengalir pada larutan

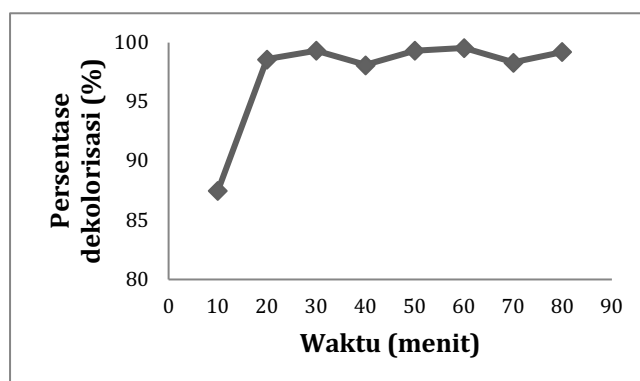
sehingga menyebabkan persentase dekolorisasi zat warna juga semakin besar, akan tetapi pada konsentrasi 0,3 M tidak ada kenaikan persentase dekolorisasi karena sudah mencapai maksimum sehingga ketika konsentrasinya dinaikkan sudah tidak menaikkan jumlah zat warna yang terdekolorisasi.

Menurut Wulandari (2017) berikut merupakan reaksi yang mungkin terjadi pada elektrokolorisasi menggunakan elektrolit Na_2SO_4 .¹¹



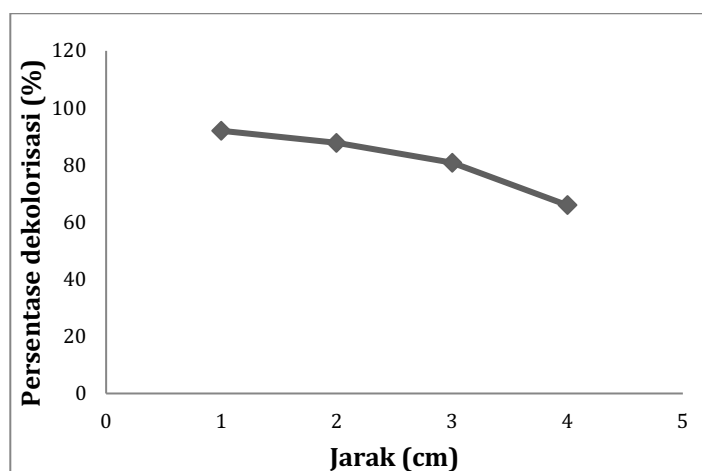
Pada anoda timbal dioksida (PbO_2) bersifat inert sehingga tidak beraksi dan PbO_2 memiliki bilangan oksidasi 4 yang merupakan bilangan oksidasi tertinggi maka yang teroksidasi yaitu air (H_2O). Pada katoda timbal (Pb) tidak bereaksi karena besi memiliki bilangan oksidasi 0 maka yang tereduksi yaitu pelarut yang ada di dalam sistem dimana akan membentuk gas H_2 dan ion OH^- . Hasil ini dapat disimpulkan bahwa pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda dengan konsentrasi Na_2SO_4 0,25 M berperan sebagai penghantar arus listrik berupa SO_4^{2-} sehingga konsentrasi sampel air limbah sarung tenun sepenuhnya untuk menghantarkan listrik.

Penentuan waktu optimum dilakukan dengan memvariasikan waktu pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda yang dielektrokolorisasi untuk mengetahui waktu optimum yang digunakan untuk elektrokolorisasi sehingga larutan menjadi jernih. Hasil penentuan waktu optimum sampel air limbah sarung tenun Samarinda ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Variasi waktu.

Penentuan jarak elektrolit optimum dilakukan dengan memvariasikan jarak elektroda pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda yang dielektrokolorisasi untuk mengetahui jarak elektroda optimum yang digunakan untuk elektrokolorisasi sehingga larutan menjadi jernih. Hasil penentuan jarak elektroda optimum sampel air limbah sarung tenun Samarinda ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Variasi jarak elektroda.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa jarak elektroda optimum yang diperoleh yaitu 1 cm dengan persentase dekolorisasi sebesar 92%. Peningkatan efisiensi degradasi zat warna dengan teknik elektrokolorisasi berbanding lurus dengan semakin kecil jarak antara kedua elektroda yang digunakan. Hal tersebut terjadi karena semakin dekat jarak kedua elektroda maka semakin besar arus yang dibawa oleh masing-masing ion dalam elektrolisis sehingga proses redoks makin optimal.¹² Oleh karena itu, pada perlakuan selanjutnya digunakan jarak elektroda 1 cm karena merupakan kondisi optimum yang paling baik untuk mendekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda dari yang tadinya berwarna menjadi tidak berwarna dan jarak tersebut merupakan jarak antara kedua elektroda terkecil.



Gambar 6. Hasil dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna yang signifikan yang diikuti dengan penurunan nilai absorbansi dari proses elektrokolorisasi yang terjadi. Pada kondisi optimum dilakukan dengan potensial kerja 6 volt, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,25 M, jarak 1 cm dan waktu selama 60 menit sehingga diperoleh persentase dekolorisasi sebesar 99,55%. Pada larutan hasil elektrokolorisasi dapat dilihat bahwa volume larutan berkurang dimana hal ini terjadi karena reaksi oksidasi yang terjadi pada anoda timbal dioksida (PbO_2). Produk oksidasi di anoda diperkirakan berupa air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode elektrokolorisasi mampu menurunkan kadar warna pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda dibuktikan dengan adanya penurunan intensitas warna setelah elektrokolorisasi dari larutan yang semula berwarna merah menjadi tidak berwarna serta dapat dibuktikan juga dengan menurunnya nilai absorbansi dan naiknya nilai dekolorisasi pada larutan setelah proses elektrokolorisasi. Kondisi optimum elektrokolorisasi limbah cair sarung tenun

Samarinda menggunakan elektroda PbO_2/Pb yaitu masing-masing potensial kerja 10,5 Volt, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,25 M, waktu selama 60 menit dan jarak 1 cm. Persentase dekolorisasi sampel air limbah Sarung Tenun Samarinda menggunakan elektroda PbO_2/Pb sebesar 99,55%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sari, R. P., Haris, A., & Prasetya, N. B. A. Kajian Metode Elektrofotokatalisis, Elektrolisis dan Fotokatalisis pada Dekolorisasi Larutan Zat Warna Remazol Red RB yang Mengandung Ion Logam Cd^{2+} . *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi* **2012**, 15(2), 58–61.
2. Fessenden, R. J., & Fessenden, J. *Kimia Organik II Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga. **1989**.
3. Fitri, N. A. *Pengaruh Konsentrasi Kitosan Terhadap Stabilitas*. **2022**, 7(01), 80–89.
4. Naimah, S., A., S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Cahyaningtyas, A. A. Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO_2 – Zeolit. *Jurnal Kimia Dan Kemasan* **2014**, 36(2), 225.
5. Widayanti, G., Widodo, D. S., & Haris, A. Elektrodekolorisasi Perairan Tercemar Limbah Cair Industri Batik dan Tekstil di Daerah Batang dan Pekalongan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi* **2012**, 15(2), 62–69.
6. Amal M. S. K., Febiyanto, F., Sole, A., & Afif, M. Elektrodekolorisasi Limbah Cair Pewarna Batik dengan Memanfaatkan Batang Karbon dari Limbah Baterai Bekas. *Jurnal MIPA* **2016**, 39(2), 135–142.
7. Rohayati, Z., Fajrin, M. M., Rua, J., Yulan, Y., & Riyanto, R. Pengolahan Limbah Industri Tekstil Berbasis Green Technology Menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi dan Elektrodekolorisasi dalam Satu Sel Elektrolisis. *Chimica et Natura Acta* **2017**, 5(2), 95.
8. Fatimah, S., Suyata, & Setyaningtyas, T. Optimasi pH Dan Hidrogen Peroksida Pada Proses Elektrodekolorisasi Rodamin B. The 3rd Universty Research Colloquium **2016**, 1(2000), 47–55.
9. Apipah, L., Widodo, D. S., & Hastuti, R. Pemanfaatan Limbah Elektroda Aki pada Proses Elektrodekolorisasi Larutan Zat Warna. *Chem Info* **2013**, 1(1), 1–10.
10. Triavia, I., Widodo, D. S., & Haris, A. Elektrodekolorisasi Limbah Cair Zat Warna Batik di Kota Solo dengan Elektroda PbO_2/Cu . *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi* **2016**, 19(1), 11.
11. Wulandari, S. Pengaruh Variasi Jenis Elektrolit Pada Pengolahan Limbah Batik. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta. **2017**.
12. Ariguna, I. W. S. P., Wiratini, N. M., & Sastrawidana, I. D. K. Degradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrooksidasi. *E-Journal Kimia Visvitalis* **2014**, 2, 127–137.