

ELEKTRODEKOLORISASI LIMBAH CAIR ZAT WARNA JINGGA DAN HIJAU DARI INDUSTRI SARUNG TENUN SAMARINDA MENGGUNAKAN ELEKTRODA PbO₂/Pb

ELECTRODECOLORIZATION OF ORANGE AND GREEN DYE WASTEWATER FROM SAMARINDA WOVEN SARONG INDUSTRY USING ELECTRODE PbO₂/Pb

Afifah Nur Yulieta, Teguh Wirawan*, Aman Sentosa Panggabean

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jalan Barong Tongkok No. 4, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

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

Diterbitkan: 23 April 2024

ABSTRACT

Electrodecolorization of liquid waste from Samarinda Seberang woven sarong industry using PbO₂/Pb electrode was to reduce the dye content of Samarinda Seberang woven sarong waste by electrodecolorization method using lead (Pb) as cathode and lead dioxide (PbO₂) as anode. Electrodecolorization of Direk orange and green dyes was carried out by varying the working potential, electrolyte concentration, time and dye concentration. The optimum condition of the Direk orange dye solution is using a working potential of 12 volts, 0.2 M Na₂SO₄ electrolyte concentration for 15 minutes and the Direk green dye solution is at a working potential of 10.5 volts, 0.2 M Na₂SO₄ electrolyte concentration for 15 minutes. The percentage of decolorization of the waste liquid sample of the Samarinda orange woven sarong industry using the PbO₂/Pb electrode at the maximum condition is 99.58% and the percentage of decolorization of the waste liquid sample of the Samarinda green woven sarong industry using the PbO₂/Pb electrode at the maximum condition is 98.46%.

Keywords: Electrodecolorization, PbO₂/Pb electrode, Na₂SO₄ electrolyte, Samarinda woven sarong industry waste.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri semakin meningkat dari masa ke masa, salah satu dari industri yang berpotensi dalam pencemaran lingkungan yaitu industri tekstil dimana limbah cairnya mengandung zat warna yang biasa digunakan sebagai salah satu proses saat pewarnaan kain dan benang [1].

Zat warna adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai pewarna dan dapat larut didalam air serta mempunyai afinitas terhadap serat [2]. Zat warna dapat digolongkan menjadi dua yaitu zat warna alam dan zat warna sintesis. Zat warna sintesis merupakan zat warna buatan yang diperoleh dari bahan-bahan kimia dan dibuat oleh pabrik [3]. Dibandingkan perwarna alam, pewarna sintesis lebih gampang didapatkan dan mempunyai warna yang beragam [4].

Elektrodekolorisasi adalah suatu proses penghilangan zat warna menggunakan prinsip elektrolisis dengan melalui mekanisme reaksi reduksi dan oksidasi. Pada proses ektrodekolorisasi digunakan elektroda PbO₂ dan Pb dimana PbO₂ memiliki stabilitas yang ideal [5].

Telah dilakukan elektrodekolorisasi menggunakan elektroda PbO₂/Pb untuk menurunkan kadar zat warna yang terdapat pada limbah cair sarung tenun Samarinda dengan memvariasikan potensial kerja, konsentrasi elektrolit, waktu dan konsentrasi zat warna.

METODOLOGI PENELITIAN

ALAT DAN BAHAN

Alat

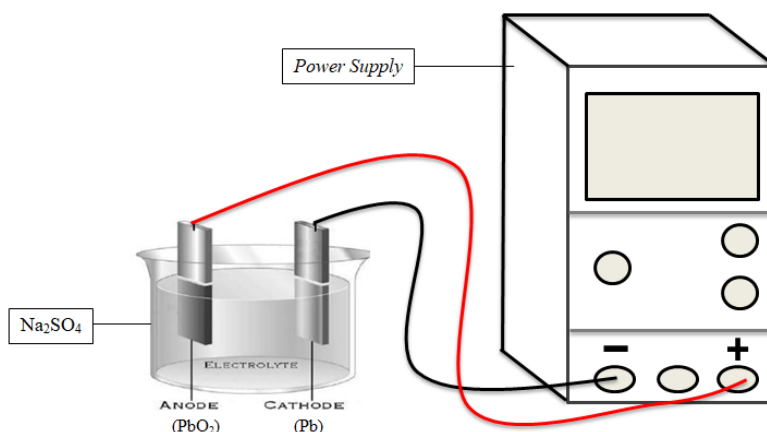
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rangkaian alat elektrolisis, *power supply*, kabel penghubung, penjepit buaya, gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, *bulp*, botol semprot, botol reagen, neraca analitik, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, *stopwatch*, elektroda Pb, elektroda PbO₂ dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu-1240.

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



Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah industri sarung tenun Samarinda Seberang, serbuk zat warna Direk jingga dan hijau, padatan Na_2SO_4 , akuades, *aluminium foil*, *plastic wrap* dan tisu.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Elektrodekolorisasi

PREPARASI ALAT

Rangkaian alat elektrodekolorisasi disusun dari beberapa komponen penting yaitu sepasang elektroda berupa timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda yang dihubungkan pada kabel berwarna merah dan timbal (Pb) sebagai katoda yang dihubungkan pada kabel berwarna hitam, *power supply*, wadah elektrodekolorisasi, serta komponen pendukung lainnya. Jarak antar elektroda yang digunakan adalah 2 cm dan tegangan yang digunakan bervariasi antara 1,5-12 volt.

PROSEDUR PENELITIAN

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Pada penentuan panjang gelombang maksimum, larutan zat warna 20 ppm diukur pada panjang gelombang 400-800 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Variasi Potensial Kerja

Larutan zat warna Direk 20 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Larutan ditambahkan Na_2SO_4 hingga konsentrasi 0,1 M. Larutan diaduk hingga homogen. Elektrodekolorisasi dilakukan dengan variasi potensial kerja larutan zat warna Direk jingga 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5; 9; 10,5 dan 12 Volt selama 15 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah tersebut diulang pada larutan zat warna Direk hijau dengan variasi potensial kerja 3; 4,5; 6; 7,5; 9; 10,5 dan 12 Volt.

Variasi Konsentrasi Elektrolit (Na_2SO_4)

Larutan zat warna Direk 20 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Larutan diaduk hingga homogen. Elektrodekolorisasi dilakukan dengan potensial kerja optimum selama 15 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah tersebut diulang dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4 M.

Variasi Waktu

Larutan zat warna Direk 20 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Larutan ditambahkan elektrolit dengan konsentrasi optimum yang telah diperoleh pada variasi konsentrasi elektrolit sebelumnya. Larutan diaduk hingga homogen. Elektrodekolorisasi dilakukan menggunakan potensial kerja optimum dengan variasi waktu pada larutan zat warna Direk jingga 2,5; 3; 5; 10; 15 dan 20 menit. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah tersebut diulang dengan variasi waktu larutan zat warna Direk hijau 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 dan 17,5 menit.

Variasi Konsentrasi Zat Warna

Larutan zat warna Direk jingga 5; 10; 15; 20; 25; 30; 50; 75 dan 100 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Larutan ditambahkan elektrolit dengan konsentrasi optimum yang telah diperoleh pada variasi konsentrasi elektrolit sebelumnya. Larutan diaduk hingga homogen. Elektrodekolorisasi dilakukan pada potensial kerja dan waktu optimum. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah tersebut diulang dengan variasi konsentrasi zat warna Direk hijau 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200 dan 250 ppm.

Aplikasi Sampel Air Limbah Sarung Tenun Samarinda

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda sebanyak 100 mL ditambahkan sejumlah elektrolit dengan konsentrasi optimum yang telah. Larutan diaduk hingga homogen. Elektrodekolorisasi dilakukan menggunakan potensial kerja dan waktu optimum yang telah diperoleh sebelumnya. Larutan sebelum dan sesudah elektrodekolorisasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Analisis Data

Perhitungan persentase dekolorisasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase Dekolorisasi} = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

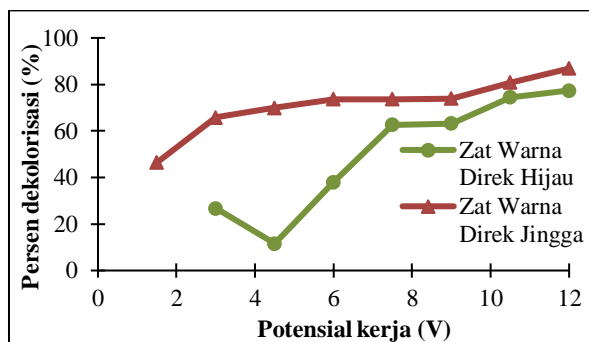
ΔA = Perubahan absorbansi (absorbansi awal-absorbansi akhir)

A_0 = Absorbansi awal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang Gelombang Maksimum

Pada pengukuran panjang gelombang maksimum diperoleh panjang gelombang pada zat warna direk jingga yaitu 500 nm dan panjang gelombang pada zat warna direk hijau yaitu 619 nm.



Gambar 2. Variasi Potensial Kerja

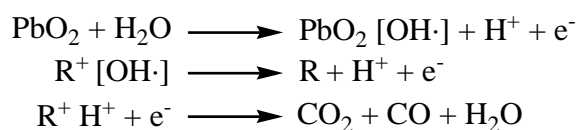
Potensial Kerja Optimum

Berdasarkan hasil yang didapatkan, diperoleh potensial kerja optimum dari proses elektrodekolorisasi zat warna Direk jingga yaitu 12 volt dengan persentase dekolorisasi sebesar 86,83%. Digunakan voltase 12 volt karena kondisi tersebut merupakan potensial kerja paling baik dengan persentase dekolorisasi maksimal, dimana terjadi kesetimbangan pembentukan kompleks antara zat warna dengan timbal dioksida sehingga kekuatan ionnya mencapai maksimal.

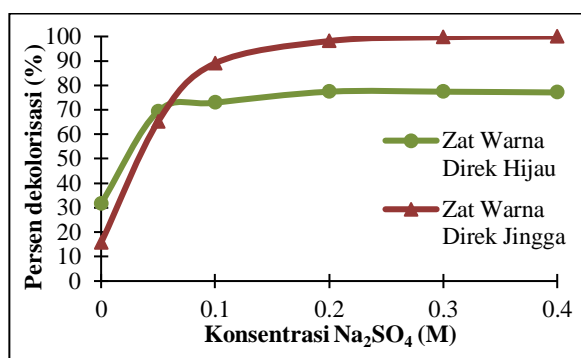
Pada potensial kerja larutan zat warna Direk hijau, diperoleh potensial kerja optimum dari proses elektrodekolorisasi yaitu 10,5 volt dengan persentase dekolorisasi sebesar 74,52%. Digunakan voltase 10,5 volt karena kondisi tersebut merupakan kondisi paling baik dalam mengelektrodekolorisasi larutan zat warna Direk hijau dimana pemberian ion dari anoda kekatoda sangat besar sehingga menghasilkan persentase dekolorisasi yang maksimal. Pada potensial kerja 4,5 volt, terjadi penurunan persentase dekolorisasi yang disebabkan pada saat arus listrik ditambahkan, rapat arus pun diperbesar sehingga penurunan efisiensi pada

katoda terjadi. Pada potensial kerja 12 volt persentase dekolorisasi yang dihasilkan terbilang konstan dan tidak terjadi kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena anoda akan melebihi batas pembentukan flok-flok apabila rapat arus pada anoda terlalu tinggi [6]. Selain itu, terjadi kenaikan suhu yang sangat drastis pada saat menggunakan potensial kerja 12 volt yang menyebabkan pelarut ikut terdecolorisasi sehingga terbentuknya gas karena arus listrik yang digunakan lebih besar dan terjadi reaksi ikatan antara oksigen yang terdapat pada radikal hidroksil dengan substrat organik sehingga mengalami oksidasi. Oksidasi substrat organik tersebut yang memungkinkan menghasilkan produk berupa gas [7].

Pada saat elektrodecolorisasi berlangsung terjadi proses destruksi dan reaksi PbO_2 dengan pelarut dan sampel yang menghasilkan elektron, sehingga jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi tersebut meningkat dan proses dekolorisasi menjadi lebih cepat. Selain itu, PbO_2 memiliki kemampuan untuk memproduksi radikal OH yang dihasilkan dari pemecahan air oleh anoda sehingga radikal hidroksil mengoksidasi sampel zat warna dan menghasilkan radikal baru dengan senyawa tersebut dan terjadilah reaksi berantai yang mendegradasi senyawa tersebut [7]. Berikut reaksi yang terjadi:



R adalah substrat organik yang mengandung C, H, O dan lainnya. Saat proses oksidasi berlangsung dengan sempurna, maka tidak menghasilkan CO karena akan teroksidasi lanjut menjadi CO_2 [8].

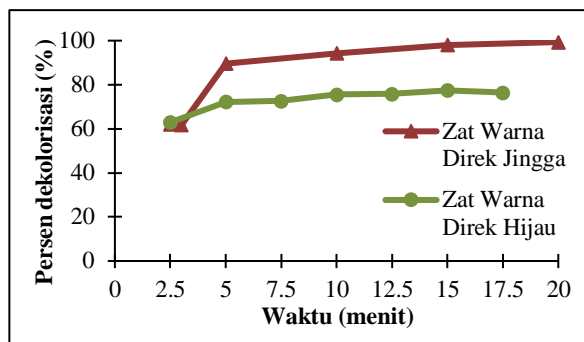


Gambar 3. Variasi Konsentrasi Elektrolit

Konsentrasi Elektrolit Optimum

Berdasarkan hasil yang didapatkan, konsentrasi elektrolit zat warna Direk jingga dan hijau, diperoleh konsentrasi optimum dari kedua proses elektrodecolorisasi zat warna Direk jingga dan hijau yaitu pada konsentrasi 0,2 M dengan persentase dekolorisasi zat warna Direk jingga sebesar 98,12% dan persentase dekolorisasi zat warna Direk hijau sebesar 77,42%. Digunakan konsentrasi 0,2 M karena merupakan kondisi optimum dan kondisi paling baik selama proses elektrodecolorisasi karena Na_2SO_4 terdisosiasi secara sempurna dalam larutan menjadi ion-ion Na^+ dan SO_4^{2-} .

Pada larutan zat warna Direk jingga dan hijau tanpa penambahan elektrolit Na_2SO_4 , persentase elektrodecolorisasi yang didapatkan sangat rendah yaitu 15,67% pada zat warna Direk jingga dan 31,61% pada zat warna Direk hijau. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat elektrolit yang berfungsi sebagai transfer elektron selama proses elektrodecolorisasi berlangsung, sehingga mempengaruhi besar arus yang mengalir pada larutan dan reaksi elektrodecolorisasi pun berjalan lebih lambat [9]. Pada konsentrasi Na_2SO_4 0,05 dan 0,1 M mengalami kenaikan persentase dekolorisasi yang disebabkan karena meningkatnya konsentrasi elektrolit yang digunakan. Pada konsentrasi Na_2SO_4 0,3 dan 0,4 M persentase dekolorisasi cenderung konstan karena sudah mencapai kondisi maksimum sehingga ketika konsentrasinya dinaikkan sudah tidak menaikkan jumlah zat warna yang terdecolorisasi, selain itu karena jumlah zat warna dalam larutan yang terdecolorisasi tidak sebanding dengan banyaknya konsentrasi elektrolit yang digunakan [10].



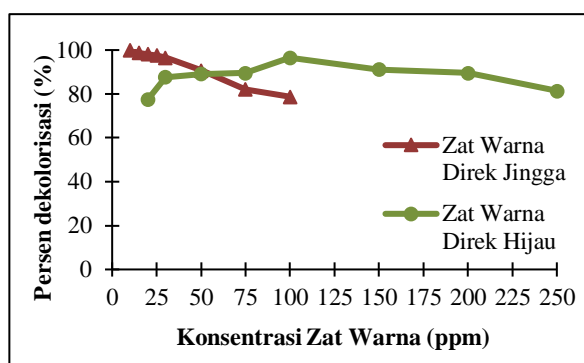
Gambar 4. Variasi Waktu

Waktu Optimum

Berdasarkan hasil yang didapatkan, diperoleh waktu optimum dari proses elektrokolorisasi zat warna Direk jingga yaitu 15 menit dengan persentase dekolorisasi sebesar 98,12%. Digunakan waktu 15 menit karena merupakan kondisi optimum yang paling baik untuk mendekolorisasi larutan zat warna Direk jingga dari yang tadinya berwarna menjadi tidak berwarna. Hal ini karena semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan maka semakin besar pula zat warna yang terdekolorisasi. Pada waktu 2,5; 3; 5 dan 10 menit mengalami kenaikan persentase dekolorisasi yang disebabkan oleh bertambahnya waktu elektrokolorisasi yang digunakan, sehingga berpengaruh terhadap degradasi pada larutan zat warna Direk jingga. Pada waktu 20 menit persentase dekolorisasi yang dihasilkan cenderung konstan karena sudah mencapai kondisi maksimum, hal ini disebabkan karena hampir seluruh zat warna telah terdekolorisasi dan jumlah senyawa yang didekolorisasi semakin sedikit sehingga memperkecil interaksi yang terjadi dengan lektroda [5].

Pada variasi waktu zat warna Direk hijau, diperoleh waktu optimum dari proses elektrokolorisasi yaitu 15 menit dengan persentase dekolorisasi sebesar 77,42%. Digunakan waktu 15 menit karena merupakan kondisi optimum yang paling baik untuk mendekolorisasi larutan zat warna Direk hijau dari yang tadinya berwarna menjadi tidak berwarna. Hal ini karena semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan maka semakin besar pula zat warna yang terdekolorisasi. Pada waktu 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 menit mengalami kenaikan persentase dekolorisasi yang disebabkan oleh bertambahnya waktu elektrokolorisasi yang digunakan, sehingga berpengaruh terhadap degradasi pada larutan zat warna Direk hijau. Pada waktu 17,5 menit persentase dekolorisasi yang dihasilkan cenderung menurun karena telah melebihi waktu optimum elektrokolorisasi.

Berdasarkan kondisi waktu optimum yang telah didapatkan antara zat warna Direk jingga dan hijau, persentase dekolorisasi pada kondisi waktu optimum zat warna Direk jingga lebih besar daripada persentase dekolorisasi waktu optimum zat warna Direk hijau, hal ini disebabkan karena senyawa yang terkandung diantara kedua zat warna tersebut berbeda sehingga karakteristiknya pun berbeda-beda. Pada zat warna Direk jingga lebih kuat teradsorpsi dibandingkan zat warna Direk hijau.



Gambar 5. Variasi Konsentrasi Zat Warna

Konsentrasi Zat Warna

Berdasarkan variasi konsentrasi zat warna jingga dan hijau, diperoleh bahwa persentase dekolorisasi zat warna Direk jingga dan hijau yang dihasilkan cukup stabil yaitu 78,74-98,80% dan 77,42-96,5%. Hal ini

menjelaskan bahwa kedua zat warna yaitu jingga dan hijau memiliki kecenderungan dimana semakin rendah konsentrasi suatu zat warna maka semakin tinggi persentase dekolorisasi yang dihasilkan. Apabila semakin pekat konsentrasi yang digunakan, maka elektron tidak cukup untuk mendegradasi dan memerlukan waktu yang cukup lama [9].

Aplikasi Elektrodekolorisasi terhadap Sampel Air Limbah Sarung Tenun Samarinda

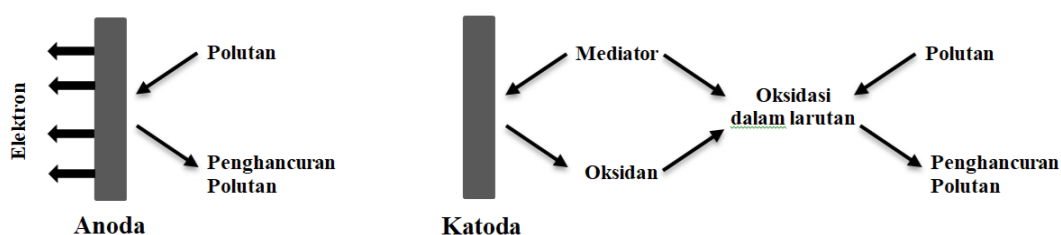
Pada analisa kuantitatif terjadi penurunan nilai absorbansi dari sampel air limbah sarung tenun Samarinda jingga dan hijau, data absorbansi tersebut kemudian diplotkan dengan persentase dekolorisasi. Pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda jingga kondisi optimum dimana elektrodekolorisasi dilakukan selama 15 menit, persentase dekolorisasi yang dihasilkan sebesar 58,24%. Pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda jingga kondisi maksimum, dimana elektrodekolorisasi dilakukan selama 154 menit persentase dekolorisasi yang dihasilkan sebesar 99,58%. Pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau kondisi optimum dimana elektrodekolorisasi dilakukan selama 15 menit, persentase dekolorisasi yang dihasilkan sebesar 70,26%. Pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau kondisi maksimum dimana elektrodekolorisasi dilakukan selama 65 menit persentase dekolorisasi yang dihasilkan sebesar 98,46%. Konsentrasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda jingga yang diperoleh sebesar 58,98 ppm dan Konsentrasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau yang diperoleh sebesar 11,19 ppm.

Tabel 1. Hasil Dekolorisasi Sampel Air Limbah Sarung Tenun Samarinda

Sampel air limbah industri sarung tenun Samarinda	Absorbansi awal	Absorbansi akhir	Persentase dekolorisasi (%)
Sampel jingga (15 menit)	0,965	0,403	58,24%
Sampel jingga (154 menit)	0,965	0,004	99,58%
Sampel hijau (15 menit)	0,195	0,058	70,26%
Sampel hijau (65 menit)	0,195	0,003	98,46%

Pada analisa kualitatif, terjadi penurunan warna setelah proses elektrodekolorisasi berlangsung. Hal ini terjadi dikarenakan adanya reaksi antara timbal dioksida (PbO_2) dengan sampel air limbah sarung tenun Samarinda yang dimana timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda dapat memproduksi hidroksi radikal yang dihasilkan dari pemecahan air yang terjadi oleh anoda sehingga interaksi elektron dengan air tersebut menghasilkan radikal hidroksil yang mampu mendegradasi senyawa zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana. Radikal hidroksil tersebut dapat mengoksidasi substrat organik dengan menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan dapat menghilangkan warna. Produk yang dihasilkan dari proses oksidasi tersebut adalah karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).

Pada mekanisme elektrodekolorisasi terbagi menjadi oksidasi secara langsung (*direct oxidation*) dan oksidasi secara tidak langsung (*indirect oxidation*).



Gambar 6. Reaksi oksidasi secara langsung (*direct oxidation*) dan oksidasi secara tidak langsung (*indirect oxidation*).

Pada oksidasi secara langsung (*direct oxidation*), polutan akan diabsorb pada permukaan dan dihancurkan (degradasi) akibat transfer elektron pada anoda, tingkat difusi dari senyawa pada aktivitas katalitik anoda, serta intensitas arus yang digunakan. Sedangkan oksidasi secara tidak langsung (*indirect oxidation*), tingkat oksidasinya bergantung pada tingkat difusi dari senyawa oksidator berupa radikal OH yang terbentuk karena proses elektrolisis menjadi larutan yang dapat mengubah senyawa organik (C, H, O dan lainnya) menjadi air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) [9].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum elektrokolorisasi zat warna direk jingga menggunakan elektroda PbO_2/Pb terjadi pada potensial kerja 12 V, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,2 M selama 15 menit dan kondisi optimum elektrokolorisasi zat warna direk hijau menggunakan elektroda PbO_2/Pb terjadi pada potensial kerja 10,5 V, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,2 M selama 15 menit.
2. Persentase dekolorisasi yang diperoleh dari elektrokolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda jingga menggunakan elektroda PbO_2/Pb sebesar 99,58% dan persentase dekolorisasi pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau sebesar 98,46%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutrisno, B., Hidayat, A., & Mufrodi, Z. 2014. "Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil". *Jurnal Chemica*. 1(2): 57-66.
- [2] Melati, H. A., Ratih, Y., & Kartika, M. 2019. "Pelatihan Teknik Pencelupan dan Pengikatan Warna Benang Kepada Perajin Tenun Corak Insang di Kota Pontianak". *International Journal of Community Service Learning*. 3(3): 138-144.
- [3] Saati, E. A., Wachid, M., Nurhakim, M., Winarsih, S., & Rohman, M. L. A., 2019. *Pigmen sebagai Zat Pewarna dan Antioksidan Alami 'Identifikasi Pigmen Bunga, Pembuatan Produknya serta Penggunaannya'*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [4] Pujilestari, T. 2015. "Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri". *Jurnal Dinamika Kerajinan dan Batik*. 32(2): 93-106.
- [5] Widayanti, G., Widodo, D. S., & Haris, A. 2012. "Elektrokolorisasi Perairan Tercemar Limbah Cair Industri Batik dan Tekstil di Daerah Batang dan Pekalongan". *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasinya*. 15(2): 62-69.
- [6] Yanlinastuti., & Fatimah, S. 2016. Pengaruh Konsentrasi Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*. 9(17): 22-23.
- [7] Apipah, L., Widodo, D. S., & Hastuti, R. 2013. "Pemanfaatan Limbah Elektroda Aki Pada Proses Elektrokolorisasi Larutan Zat Warna". *Jurnal Chem*. 1(1): 1-10.
- [8] Bachtiar, I., & Widodo, D. S. 2015. "Elektrokolorisasi Limbah Cair Pabrik Tektstil di Wilayah Semarang dengan Elektroda PbO_2/Pb ". *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 18(3): 85-30.
- [9] Karmanto., & Sulistya, R. 2014. Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5R menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Kaunia*. 10(1): 11-19.
- [10] Wulandari, S. 2017. *Pengaruh Variasi Jenis Elektrolit pada Pengolahan Limbah Batik*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.