JURNAL KIMIA MULAWARMAN
Vol 23, No. 1, Jul - Des 2025 pp. 35-45
https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM
P-ISSN 1693-5616 E-ISSN 2476-9258

Degradasi Zat Warna Dalam Limbah Cair Industri Rumah Tangga Sarung Tenun Samarinda Dengan Metode Elektrodekolorisasi Menggunakan Elektroda PbO_2/Fe

Tasya Meidina[a], Teguh Wirawan[a*], Nanang Tri Widodo[a]

[a] Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Indonesia.
* Corresponding Author: teguh.unmul.smd@gmail.com

ABSTRACT

Degradation of dyes in wastewater of Samarinda woven sarong industry by electrodecolorization method using PbO2/Fe electrode has been conducted. The purpose of this study was to decolorize Samarinda woven sarong wastewater samples by electrodecolorization method using lead dioxide (PbO2) electrode as anode and iron (Fe) as cathode. Lead dioxide (PbO2) electrode as the anode was chosen because they have several advantages, such as being inert, semiconductive, corrosion resistant and easily obtainable from used batteries, while iron (Fe) cathode was chosen because they are stable during the process, not easily dissolved and easily obtainable in daily life. Electrodecolorization was carried out on green direk dye as a standard solution to determine the optimum conditions. Electrodecolorization was carried out with variations in working potential, Na2SO4 electrolyte concentration, time, and dye concentration. The dye concentration was determined using UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the optimum conditions for electrodecolorization of direk green dye were with a working potential of 12 volts, an electrolyte concentration of 0.2 M Na2SO4 and a time of 10 minutes. The percentage of decolorization of Samarinda woven sarong wastewater samples using PbO2/Fe electrode was 99.73% followed by a color change from green to clear (transparent). These results indicate the potential for application on a household industrial scale.

This is an open-access article under the CC–BY-SA license.

Article History
Received 2023-09-12
Revised 2025-12-12
Accepted 2025-10-13
Publish 2025-11-30

Keywords
Electrodecolorization
PbO2/Fe Electrode
Samarinda Woven
Sarong Waste
Direk Dyestuff

1. Pendahuluan

Kegiatan industri berkembang seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan domestik yang meningkat pesat. Dalam dunia industri, limbah cair hampir selalu dihasilkan melalui proses produksi, baik dalam bentuk air limbah maupun dalam bentuk residu hasil dari sisa reaksi kimia [1]. Industri tekstil menghasilkan limbah cair yang diperoleh dari proses pewarnaan tekstil. Limbah cair industri tekstil mengandung bahan-bahan sintetis dan zat warna yang sulit untuk didegradasi [2].

Zat warna yang digunakan pada industri tekstil dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya yaitu zat warna alami dan zat warna sintetis. Zat warna alami adalah zat warna yang terbuat dari bahan-bahan yang berasal dari alam, sedangkan zat warna sintetis merupakan zat warna buatan [3]. Kebanyakan industri tekstil biasanya menghasilkan limbah cair sebagai bahan buangan. Limbah cair tersebut mengandung bahan kimia yang sulit untuk diurai secara alami oleh alam, sehingga limbah cair harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar tidak membahayakan dan tidak mencemari lingkungan yang ada di sekitarnya [1].

Limbah cair dari proses pewarnaan yang berasal dari industri tekstil ditangani dengan berbagai macam cara agar tidak mencemari lingkungan sekitar. Perlakuan fisik dan kimia dilakukan sebagai upaya penanganan limbah cair industri tekstil. Beberapa metode seperti adsorpsi, flokulasi dan koagulasi dilakukan. Namun, masih terdapat kekurangan dari proses tersebut dimana terdapat pembentukan limbah baru berupa endapan yang masih memerlukan perlakuan lebih lanjut mengenai tempat pembuangan lumpur atau endapan khusus. Sedangkan, terdapat metode elektrodekolorisasi yang lebih efisien serta dapat mereduksi cemaran zat warna tanpa menghasilkan limbah baru [4].

Telah dilakukan penelitian elektrodekolorisasi terhadap limbah cair tekstil dengan material PbO_2 sebagai anoda akan tetapi berbeda pada penggunaan material katoda. Diantaranya Bachtiar dkk [2] dan Widodo dkk [9] menggunakan Pb sebagai katoda, Cu sebagai katoda dilakukan oleh Widodo dkk [8], dengan hasil persentase dekolorisasi yang bervariatif dengan hasil akhir yang menunjukkan perubahan warna signifikan.

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar zat warna dalam limbah cair industri sarung tenun Samarinda dengan metode elektrodekolorisasi menggunakan elektroda PbO_2/Fe. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengolahan limbah secara sederhana sebelum melakukan pembuangan secara langsung pada lingkungan.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu *power supply DC*, elektroda PbO_2, elektroda Fe, spatula, batang pengaduk, gelas kimia, neraca analitik, pipet ukur, labu ukur, spektrofotometer *visible* Thermo Scientific Evolution 201 dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UVmini-1240.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu sampel air limbah sarung tenun Samarinda, akuades, padatan $Na_2SO_{4(p.a)}$ dan serbuk zat warna direk hijau.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan zat warna direk hijau 20 ppm diukur pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer *visible*. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum akan digunakan untuk pengukuran dalam penelitian ini.

2.2.2. Pembuatan Kurva Standar Zat Warna Direk

Larutan zat warna direk hijau 0; 5; 10; 15; 20; 25; 50 dan 75 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplotkan antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y) dimana dari kurva kalibrasi diperoleh persamaan regresi y = a + bx. Dari persamaan regresi ini digunakan dalam menentukan konsentrasi dari zat warna.

2.3. Penentuan Potensial Kerja Optimum

Larutan zat warna direk hijau 20 ppm sebanyak 100 mL dalam gelas kimia ditambahkan sejumlah Na_2SO_4 sebagai elektrolit hingga konsentrasinya 0,1 M dan diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja 3 volt selama 15 menit. Larutan sebelum dan setelah elektrodekolorisasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah di atas diulangi dengan memvariasikan potensial kerja (4,5; 6; 7,5; 9; 10,5; 12 volt). Pada masing-masing variasi tersebut ditentukan persentase dekolorisasinya dimana persentase dekolorisasi diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Persentase\ dekolorisasi = \frac{\Delta A}{A_o} x\ 100\% \quad (1)$$

Keterangan:
ΔA = Perubahan absorbansi (absorbansi awal – absorbansi akhir)
A_o = Absorbansi awal

2.4. Penentuan Konsentrasi Elektrolit Optimum

Larutan zat warna direk hijau 20 ppm sebanyak 100 mL dalam gelas kimia tanpa penambahan elektrolit dielektrodekolorisasi dengan menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja optimum selama 15 menit. Larutan sebelum dan setelah elektrodekolorisasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah di atas diulangi dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasinya 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 M. Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya.

2.5. Penentuan Waktu Optimum

Larutan zat warna direk hijau 20 ppm sebanyak 100 mL dalam gelas kimia ditambahkan sejumlah elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasi optimum dan diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja optimum selama 5 menit. Larutan sebelum dan setelah elektrodekolorisasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah di atas diulangi dengan memvariasikan waktu 1; 2,5; 7,5; 10; 12,5 menit. Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya.

2.6. Variasi Konsentrasi Zat Warna

Larutan zat warna direk hijau 10 ppm sebanyak 100 mL dalam gelas kimia ditambahkan sejumlah elektrolit Na_2SO_4 hingga konsentrasi optimum hingga konsentrasi optimum dan diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja, waktu, dan kecepatan pengadukan optimum. Larutan sebelum dan setelah elektrodekolorisasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Langkah di atas diulangi dengan memvariasikan konsentrasi zat warna direk hijau 15; 20; 25; 50; 75; 100 ppm. Pada masing-masing variasi ditentukan persentase dekolorisasinya.

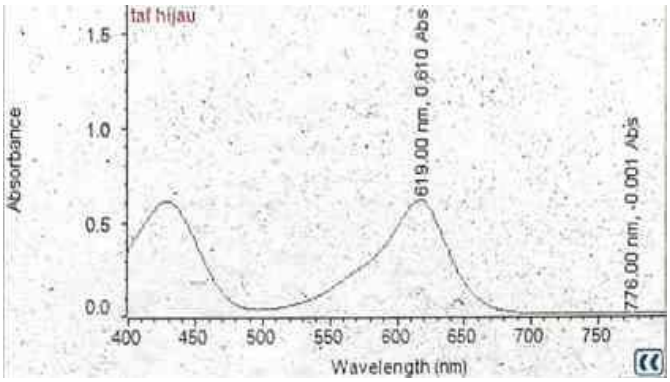
2.7. Aplikasi terhadap Sampel Air Limbah Sarung Tenun Samarinda

Aplikasi terhadap sampel air limbah sarung tenun Samarinda pada penelitian ini dilakukan hanya untuk berwarna hijau karena mengikuti ketersediaan limbah pada saat sampling. Sampel air limbah sarung tenun Samarinda berwarna hijau sebanyak 100 mL dalam gelas kimia ditambahkan sejumlah elektrolit menggunakan Na_2SO_4 hingga konsentrasi optimum dan diaduk hingga homogen. Larutan dielektrodekolorisasi dengan menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja, waktu optimum dan waktu maksimum. Larutan sebelum dan setelah elektrodekolorisasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda ditentukan persentase dekolorisasinya.

3. Hasil dan Diskusi

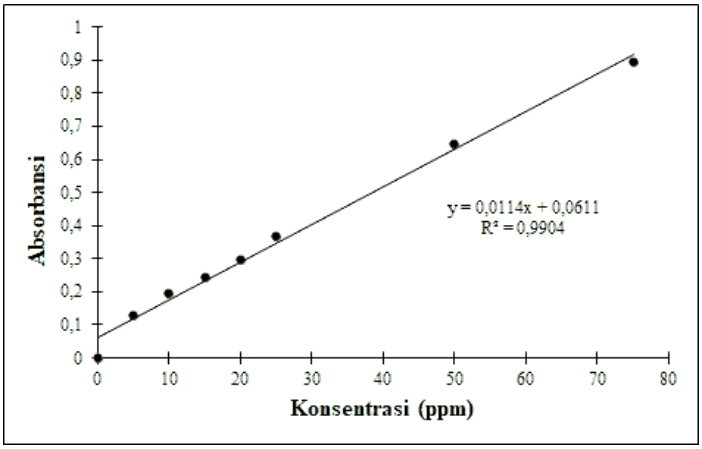
3.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Pembuatan Kurva Standar Zat Warna Direk

Pada penentuan panjang gelombang maksimum larutan zat warna direk hijau 20 ppm diukur menggunakan spektrofotometer *visible* dengan panjang gelombang 400-800 nm. Pada hasil pengukuran diperoleh panjang gelombang maksimum yaitu 619 nm.



Gambar 1. Panjang gelombang maksimum zat warna direk hijau

Pada penentuan kurva standar dilakukan pengukuran larutan standar zat warna direk hijau dengan variasi konsentrasi berbeda menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Hasil pengukuran larutan standar zat warna direk hijau dibuat grafik yang menghubungkan konsentrasi zat warna direk hijau dengan absorbansi sehingga dapat diperoleh persamaan regresi linear beserta nilai koefisien korelasi untuk mengetahui linieritas pengukuran larutan standar zat warna direk hijau. Grafik kurva standar larutan zat warna direk hijau sebagai berikut.



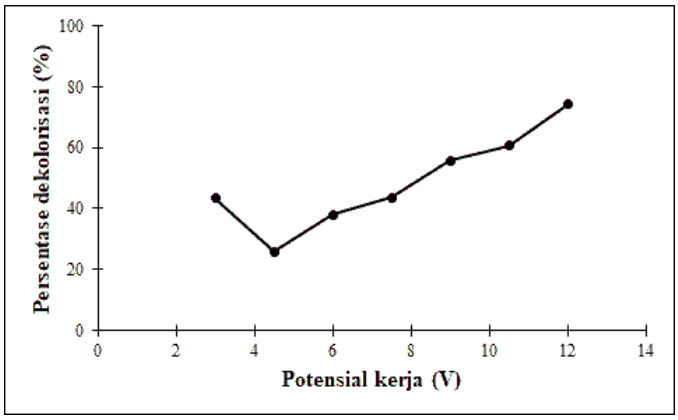
Gambar 2. Kurva standar larutan zat warna direk hijau

Pada larutan zat warna direk hijau diperoleh persamaan regresi linear y = 0,0114x + 0,0611, dimana y sebagai absorbansi dan x sebagai konsentrasi sampel zat warna direk. Adapun nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linear yaitu R^2 = 0,9904 dan terlihat bahwa kurva standar yang dihasilkan menunjukkan linearitas. Apabila nilai koefisien korelasi atau R^2 semakin mendekati 1 maka menandakan tingkat linieritas dari kurva standar layak digunakan untuk pengukuran untuk persentase dekolorisasi sampel pewarna [5].

3.2. Penentuan Potensial Kerja Optimum

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan potensial kerja pada larutan zat warna direk yang dielektrodekolorisasi untuk mengetahui potensial kerja optimum dimana terjadi dekolorisasi yang maksimal pada zat warna direk. Pada penentuan potensial kerja optimum digunakan larutan zat warna direk hijau 20 ppm, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,1 M dan waktu selama 15 menit. Grafik variasi potensial kerja zat warna direk hijau sebagai berikut.

 ISSN 2476-9258

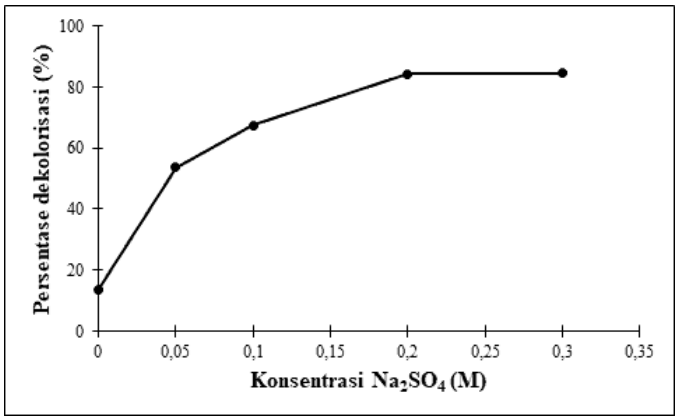


Gambar 3. Grafik variasi potensial kerja zat warna direk hijau

Potensial kerja optimum yang diperoleh dari elektrodekolorisasi zat warna direk hijau yaitu sebesar 12 volt dengan persentase dekolorisasi sebesar 74,16%. Oleh karena itu, pada perlakuan elektrodekolorisasi selanjutnya pada zat warna direk hijau digunakan voltase 12 volt dimana pada kondisi tersebut merupakan potensial kerja dengan persentase dekolorisasi maksimal. Pada saat voltase 12 volt pemberian ion dari anoda ke katoda sangat besar sehingga menghasilkan pesentase dekolorisasi maksimal. Anoda akan melebihi batas pembentukan flok-flok besi apabila rapat arus pada anoda terlalu tinggi dan suhu pada larutan zat warna akan terlalu tinggi pula sehingga potensial kerja tidak dinaikkan melebihi potensial kerja dengan persentase dekolorisasi maksimal dan digunakan voltase 12 volt untuk perlakuan elektrodekolorisasi selanjutnya.

3.3. Penentuan Konsentrasi Elektrolit Optimum

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 pada larutan zat warna direk yang dielektrodekolorisasi untuk mengetahui konsentrasi elektrolit optimum yang digunakan untuk elektrodekolorisasi sehingga larutan menjadi jernih. Pada penentuan konsentrasi elektrolit optimum digunakan larutan zat warna direk hijau 20 ppm, potensial kerja optimum dari zat warna direk hijau dan waktu selama 15 menit. Grafik variasi konsentrasi elektrolit zat warna direk hijau sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik variasi konsentrasi elektrolit zat warna direk hijau

Konsentrasi elektrolit optimum yang diperoleh dari elektrodekolorisasi zat warna direk hijau yaitu sebesar 0,2 M dengan persentase dekolorisasi sebesar 84,27%. Oleh sebab itu, pada perlakuan elektrodekolorisasi selanjutnya pada zat warna direk hijau digunakan konsentrasi elektrolit 0,2 M dikarenakan nilai absorbansi larutan zat warna direk hijau yang mengalami penurunan secara signifikan sebanding dengan jumlah elektrolit Na_2SO_4 yang ditambahkan. Pada grafik dapat diketahui bahwa dengan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 sebesar 0,2 M merupakan hasil yang paling baik dikarenakan tidak terjadi kenaikan persentase dekolorisasi jika konsentrasi elektrolitnya dinaikkan.

 ISSN 2476-9258

Berikut reaksi yang dapat terjadi pada elektrodekolorisasi dengan menggunakan elektrolit Na_2SO_4:

$$\text{Anoda (+):}\quad Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$$
$$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$
$$\text{Katoda (-):}\quad 2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

[6].

Pada anoda timbal dioksida (PbO_2) bersifat inert sehingga tidak bereaksi dan PbO_2 memiliki bilangan oksidasi 4 yang merupakan bilangan oksidasi tertinggi maka yang teroksidasi yaitu air (H_2O). Pada katoda besi (Fe) 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 zat warna direk hijau dengan konsentrasi Na_2SO_4 0,2 M berperan sebagai penghantar arus listrik berupa SO_4^{2-} sehingga konsentrasi dari zat warna direk hijau digunakan sepenuhnya untuk mengantarkan listrik.

Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses elektrodekolorisasi dapat melalui dua mekanisme yaitu *direct oxidation mechanism* maupun *indirect oxidation mechanism*. Elektrodekolorisasi secara *indirect* telah teruji sebagai metode paling efisien untuk dekolorisasi dan mineralisasi, dimana dapat berlangsung dengan adanya *ferric*, perak atau klorida. Tingkat oksidasi pada *indirect oxidation* bergantung pada tingkat difusi dari senyawa oksidator yang terbentuk akibat dari proses elektrodekolorisasi menjadi larutan yang dapat mengubah senyawa organik menjadi karbon dioksida dan air [7]. Reaksi yang terjadi diakibatkan oleh interaksi antara timbal dioksida (PbO_2) dengan larutan sampel terhadap proses dekolorisasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$PbO_2\,[\,] + H_2O \longrightarrow PbO_2[OH\bullet] + H^+ + e^-$$
$$R^+\,[OH\bullet] \longrightarrow R + H^+ + e^-$$
$$R^+\,H^+\,e^- \longrightarrow CO_2 + CO + H_2O$$

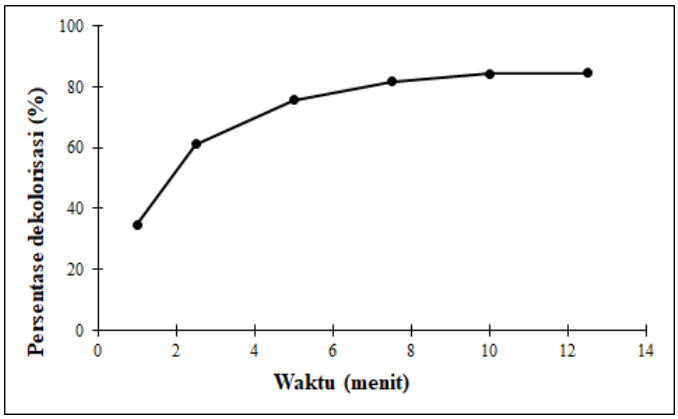
Penggunaan timbal dioksida (PbO_2) sebagai anoda memberikan hasil yang efektif pada proses elektrodekolorisasi, dengan menginisiasi pembentukan radikal hidroksil (•OH) untuk menyerang zat warna dimana R adalah substrat organik (mengandung C, H, O dan lainnya). Produk oksidasi di anoda diperkirakan berupa air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) jika reaksi berlangsung sempurna serta senyawa rantai karbon pendek yang tidak lagi menyerap radiasi pada panjang gelombang daerah *visible* dimana hal ini menunjukkan telah terjadinya penurunan konsentrasi zat warna, dengan perubahan warna dari yang sebelumnya berwarna pekat menjadi bening. Dari hasil tersebut dapat diketahui terjadinya degradasi senyawa zat warna dan pada penelitian selanjutnya akan lebih baik untuk diidentifikasi senyawa hasil degradasi untuk mengetahui adanya produk samping yang dihasilkan [8].

Adapun pada mekanisme *direct oxidation*, polutan diadsorb terlebih dahulu pada bagian permukaan dan mengalami degradasi akibat dari transfer elektron yang terjadi di anoda. Dalam elekstrodekolorisasi secara *direct* tingkat oksidasi bergantung pada aktivitas katalitik dari anoda dan tingkat difusi dari senyawa organik dalam titik aktif anoda serta intensitas dari potensial kerja yang digunakan [7].

3.4. Penentuan Waktu Optimum

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu pada larutan zat warna direk yang dielektrodekolorisasi untuk mengetahui waktu optimum yang akan digunakan untuk elektrodekolorisasi sehingga larutan menjadi jernih. Pada penentuan waktu optimum digunakan larutan zat warna direk hijau 20 ppm, potensial kerja dan konsentrasi elektrolit optimum dari zat warna direk hijau. Grafik variasi waktu zat warna direk hijau sebagai berikut.

 ISSN 2476-9258

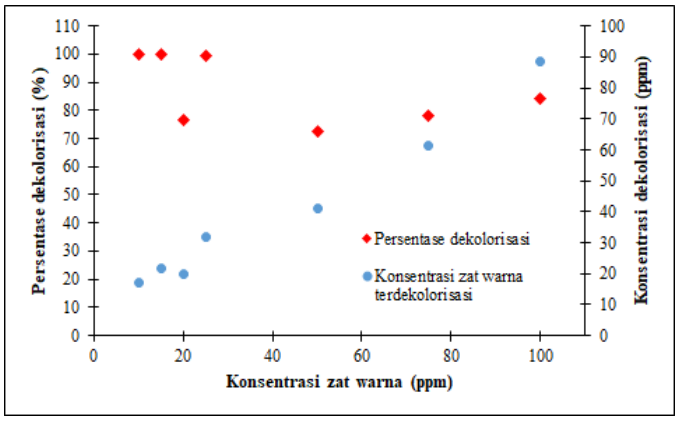


Gambar 5. Grafik variasi waktu zat warna direk hijau

Waktu optimum yang diperoleh dari elektrodekolorisasi zat warna direk hijau yaitu selama 10 menit dengan persentase dekolorisasi sebesar 84,27%. Oleh karena itu, pada perlakuan elektrodekolorisasi selanjutnya pada zat warna direk hijau digunakan waktu selama 10 menit dikarenakan nilai absorbansi larutan zat warna direk hijau yang mengalami penurunan secara signifikan sebanding dengan waktu elektrodekolorisasi. Pada grafik dapat dilihat bahwa dengan waktu selama 10 menit merupakan hasil yang paling baik dikarenakan tidak ada kenaikan persentase dekolorisasi jika konsentrasinya dinaikkan.

3.5. Variasi Konsentrasi Zat Warna

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi zat warna pada larutan zat warna direk yang dielektrodekolorisasi. Pada variasi konsentrasi zat warna digunakan potensial kerja, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 dan waktu optimum dari zat warna direk hijau. Grafik variasi konsentrasi zat warna hijau sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik variasi konsentrasi zat warna direk hijau

Persentase dekolorisasi zat warna direk hijau cukup stabil pada konsentrasi zat warna 10-25 ppm dan mengalami penurunan pada konsentrasi 50-100 ppm. Hal ini dikarenakan zat warna direk hijau yang terdekolorisasi sebanding dengan konsentrasi zat warna direk hijau dimana jika semakin rendah konsentrasi zat warna maka semakin tinggi persentase dekolorisasinya begitu pula sebaliknya, jika semakin tinggi konsentrasi zat warna maka persentase dekolorisasi semakin menurun.

3.6. Aplikasi terhadap Sampel Air Limbah Sarung Tenun Samarinda

Penelitian ini dilakukan dengan pengaplikasian elektrodekolorisasi terhadap sampel air limbah sarung tenun Samarinda. Elektrodekolorisasi dilakukan menggunakan katoda besi (Fe) dan anoda timbal dioksida (PbO_2) pada potensial kerja, konsentrasi elektrolit, waktu optimum dan maksimum dari sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau. Proses ini terdiri dari 2 tahap yakni analisa kuantitatif dan kualitatif.

Pada analisa kuantitatif terjadi penurunan nilai absorbansi dari sampel air limbah sarung tenun Samarinda. Hasil dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau sebagai berikut.



Gambar 7. Hasil dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau

Hasil yang diperoleh pada **Gambar 7.** menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna signifikan yang diikuti dengan penurunan nilai absorbansi dari proses elektrodekolorisasi yang terjadi. Pada kondisi optimum elektrodekolorisasi dilakukan dengan potensial kerja 12 volt, konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,2 M dan waktu selama 10 menit. Pada kondisi maksimum elektrodekolorisasi dilakukan hingga sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau menjadi bening dimana sampel dielektrodekolorisasi selama 110 menit. Pada larutan hasil elektrodekolorisasi dapat dilihat bahwa volume larutan menjadi 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).

Penentuan persentase dekolorisasi pada sampel air limbah sarung tenun Samarinda dan hijau dimana data absorbansi diplotkan dengan persentase dekolorisasi, sedangkan penentuan konsentrasi terdekolorisasi dimana konsentrasi sampel awal dikurangkan dengan konsentrasi sampel akhir yang terdekolorisasi. Hasil dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau sebagai berikut.

Table 1. Hasil dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda

Sampel air limbah sarung tenun Samarinda	Persentase dekolorisasi (%)	Konsentrasi terdekolorisasi (ppm)
Sampel hijau (waktu 10 menit)	80,08	51,1404
Sampel hijau (waktu 110 menit)	99,73	63,6842

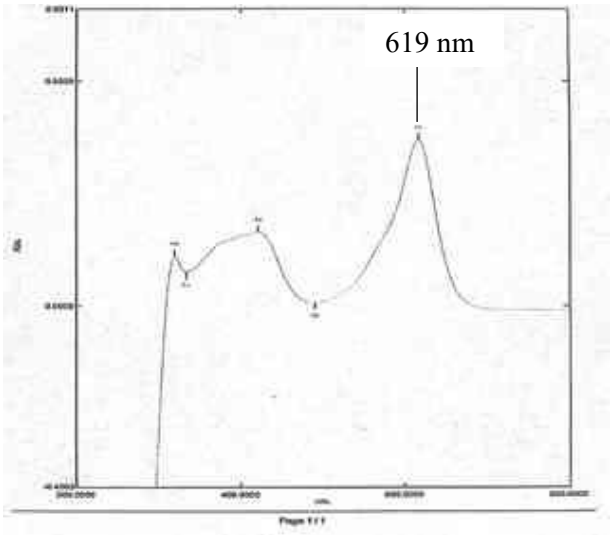
Hasil penentuan persentase dekolorisasi pada **Tabel 1.** menunjukkan persentase dekolorisasi sampel air limbah sarung tenun Samarinda hijau hasil perhitungan persentase dekolorisasi pada kondisi optimum sebesar 80,08% dan pada kondisi maksimum sebesar 99,73%.

Pada penelitian dari peneliti terdahulu dilakukan elektrodekolorisasi terhadap limbah cair tekstil dengan material PbO_2 sebagai anoda akan tetapi berbeda pada penggunaan material katoda. Diantaranya Bachtiar dkk [2] menggunakan Pb sebagai katoda dengan persentase dekolorisasi sebesar sebesar 95,7% dan Widodo dkk [9] menggunakan Pb sebagai katoda dengan persentase dekolorisasi sebesar 75,9-100% dengan waktu dekolorisasi yang dimaksimalkan. Adapun Cu sebagai katoda dilakukan oleh Widodo dkk [8] dengan persentase dekolorisasi sebesar 85,5%. Melalui berbagai referensi perbandingan material katoda tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing memiliki kemampuan melakukan elektrodekolorisasi dengan persentase yang baik dan dengan menggunakan katoda Fe sebagai katoda pada

penelitian ini dapat memiliki tingkat dekolorisasi yang lebih tinggi dari beberapa penelitian sebelumnya.

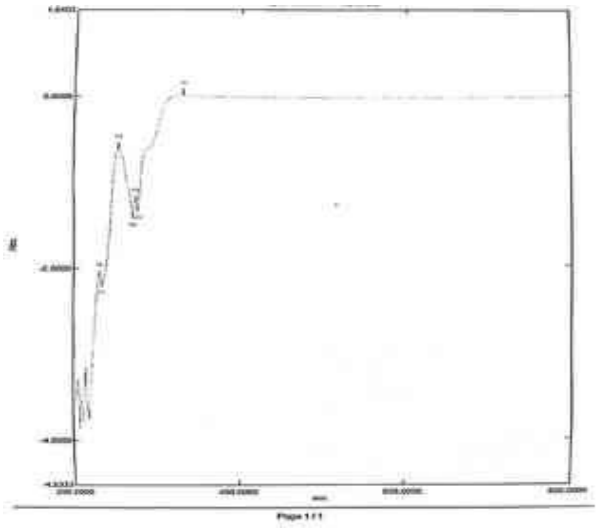
Pada analisa kualitatif terjadi penurunan intensitas warna setelah elektrodekolorisasi berlangsung. Larutan sampel air limbah sarung tenun Samarinda yang semula berwarna hijau pekat menjadi tidak berwarna (bening). Proses ini dikarenakan oleh reaksi timbal dioksida (PbO_2) dengan larutan sampel air limbah sarung tenun Samarinda. Degradasi warna disebabkan oleh produksi radikal hidroksil (•OH) yang bersifat merusak sistem struktur senyawa organik karena ketidakstabilan dari struktur elektron radikalnya. Pembentukan dari radikal hidroksil tersebut berasal dari material elektroda timbal dioksida (PbO_2) [8]. Adapun elektrolit Na_2SO_4 sebagai media penghantar listrik di dalam larutan sampel air limbah memiliki peran penting dalam distribusi dan menghantarkan listrik pada proses degradasi penanganan limbah tersebut [10].

Spektra UV-Vis dapat digunakan untuk mengindikasi zat warna yang telah dielektrodekolorisasi yang ditunjukkan dalam bentuk spektra UV-Vis sebelum dan setelah elektrodekolorisasi. Spektra UV-Vis zat warna hijau sebelum proses elektrodekolorisasi sebagai berikut.



Gambar 8. Spektra UV-Vis zat warna hijau sebelum proses elektrodekolorisasi

Spektra UV-Vis yang diperoleh menunjukkan zat warna hijau sebelum dielektrodekolorisasi terdapat puncak pada panjang gelombang 619 nm yang disebabkan oleh adanya gugus kromofor (pemberi warna) pada zat warna tersebut. Kurva yang terdapat puncak serapan pada panjang gelombang sinar tampak merupakan karakteristik dari gugus kromofor yang terkonjugasi dimana limbah dapat berpotensi menyebabkan perairan menjadi berwarna [9]. Pada analisis setelah elektrodekolorisasi absorbansi zat warna ditentukan kembali untuk melihat zat warna yang terdekolorisasi. Spektra UV-Vis zat warna hijau setelah proses elektrodekolorisasi sebagai berikut.



Gambar 9. Spektra UV-Vis zat warna hijau setelah proses elektrodekolorisasi

Spektra UV-Vis yang diperoleh menunjukkan zat warna hijau setelah dielektrodekolorisasi menunjukkan bahwa tidak ada puncak spektra pada panjang gelombang 619 nm yang berhubungan dengan gugus kromofor. Tidak adanya puncak tersebut dapat membuktikan bahwa gugus kromofor pada zat warna direk telah terdegradasi menjadi senyawa karbon rantai yang lebih sederhana (rantai C pendek) sehingga mengalami penurunan absorbansi dan larutan hasil elektrodekolorisasi menjadi tidak berwarna (bening).

Proses degradasi zat warna diakibatkan adanya interaksi PbO_2 dengan larutan sampel yang menghasilkan rantai karbon lebih pendek sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan PbO_2/Fe sebagai elektroda pada proses elektrodekolorisasi memberikan hasil yang efektif sebagai upaya khusus pengolahan terhadap limbah cair yang dibuang dan diharapkan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

4. Kesimpulan

Degradasi zat warna dalam air limbah rumah tangga sarung tenun Samarinda dengan metode elektrodekolorisasi menggunakan elektroda PbO_2/Fe memiliki potensi untuk dapat diterapkan pada skala industri rumah tangga yang secara efektif dapat menurunkan kadar zat warna pada limbah dengan persentase dekolorisasi sebesar 99,73%.

References

[1] M. Marhaini and D. Fernianti, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair*. Pekalongan: Nasya Expanding Management, 2025.

[2] I. Bachtiar, and D. S. Widodo, "Elektrodekolorisasi Limbah Cair Pabrik Tekstil di Wilayah Semarang dengan Elektroda PbO_2/Pb," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 18, no. 3, pp. 85–90, 2015, https://doi.org/10.14710/jksa.18.3.85-90.

[3] Y. Patmawati, *Penyisihan Zat Warna Sintesis dalam Limbah Cair Menggunakan Low-Rank Coal Kalimantan Timur sebagai Adsorben*. Malang: Literasi Nusantara, 2021.

[4] N. Hindryawati, *Fotokatalisis dalam Pengolahan Limbah Tekstil*. Yogyakarta: Deepublish, 2020.

[5] M. S. K. Amal, F. Febiyanto, A. Soleh, and M. Afif, "Elektrodekolorisasi Limbah Cair Pewarna Batik dengan Memanfaatkan Batang Karbon dari Limbah Baterai Bekas," *Jurnal Mipa*, vol. 39, no. 2, pp. 135-142, 2016, https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10054.93761.

[6] S. Wulandari, *Pengaruh Variasi Jenis Elektrolit pada Pengolahan Limbah Batik*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2017.

[7] K. Karmanto and R. Sulistya, "Elektrodekolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5R Menggunakan Elektroda Grafit," *Jurnal Kaunia*, vol. X no. 1, pp. 11-19, 2014, https://www.neliti.com/publications/104027/

[8] D.S. Widodo, L. Suyati, G. Gunawan, and A. Haris, "Decolorization of Artificial Waste Remazol Black B using Electrogenerated Reactive Spesies," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 21, no. 1, pp. 29-33, 2018, https://doi.org/10.14710/jis.%25v.%25i.%25Y.81-89

[9] D. S. Widodo, R. Nuryanto, A. Haris, P. S. L. Dewi, and L. Apipah, "Potential Oxidative Treatment Using Pb-PbO_2 Electrode in Electrodecolorizing Batik Wastewater," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 21, no. 3, pp. 118-123, 2018, https://doi.org/10.14710/jksa.21.3.118-123.

[10] A. Thiam, E. Brillas, F. Centellas, P. L. Cabot, and I. Sirés, "Electrochemical Reactivity of Ponceau 4R (Food Additive E124) in Different Electrolytes and Batch Cells," *Electrochimica Acta*, pp. 523-533, 2015, https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.05.085