



Research Articles

Degradasi Pewarna Tekstil Remazol Violet 5R Dengan Metode Elektrooksidasi Menggunakan Elektroda Grafit

Degradation of Remazol Violet 5R Textile Dyes with Electrooxidation Method Using Graphite Electrode

Suseno^{1*}, Petrus Darmawan¹, Peni Pujiastuti¹, Sumardiyono²

¹Program Studi D3 Analis Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Surakarta

²Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Surakarta

*corresponding author, email: pakseno67@gmail.com

Manuscript received: 22-10-2022. Accepted: 30-12-2022

ABSTRAK

Telah dilakukan percobaan degradasi zat warna tekstil Remazol Violet 5R dengan metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit. Alat elektrooksidasi terdiri dari bak plastik dengan ukuran (p x l x t) = 20 x 20 x 25 cm yang dilengkapi dengan pengaduk elektrik dan elektroda grafit menggunakan anoda grafit bekas batu baterai. Elektroda grafit terdiri dari 3 pasang yang disusun paralel. Percobaan degradasi zat warna ini dilakukan menggunakan sistem batch (tidak kontinyu) dengan variasi waktu pengadukan 15, 30, 45, dan 60 menit, sedangkan variabel lainnya dibuat tetap yaitu konsentrasi zat warna 100,24 mg/liter, elektrolit NaCl 2,06 g/liter, voltase 12 V, dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Larutan zat warna sebelum degradasi dan sesudah degradasi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum, untuk menentukan persentase penurunan absorbansi serta waktu kontak optimum. Hasil percobaan menunjukkan bahwa persentase penurunan absorbansi mulai konstan setelah waktu kontak 30 menit dengan absorbansi sebesar 98,36 %. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak optimum degradasi zat warna Remazol Violet 5R adalah 30 menit. Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dapat digunakan sebagai alternatif metode pengolahan limbah khususnya dalam hal menghilangkan pewarna dalam limbah cair industri tekstil.

Kata kunci: absorbansi; sistem batch; elektroda grafit

ABSTRACT

Remazol Violet 5R textile dye degradation experiment has been carried out by electrooxidation method using graphite electrodes. The electrooxidation device consists of a plastic tub with a size (p x l x h) = 20 x 20 x 25 cm which is equipped with an electric stirrer and graphite electrodes using a used battery anode. Graphite electrodes consist of 3 pairs arranged in parallel. This dye degradation experiment was carried out using a batch system (not continuous) with variations in stirring time of 15, 30, 45, and 60 minutes, while the other variables were fixed, namely the concentration of dye 100.24 mg/liter, electrolyte NaCl 2.06 g/liter, 12 V voltage, and a stirring speed of 250 rpm. The dye solution before degradation and after degradation was measured for absorbance using a UV-Vis spectrophotometer at the maximum wavelength, to determine the percentage decrease in absorbance and optimum contact

time. The experimental results showed that the percentage decrease in absorbance was constant after a contact time of 30 minutes with an absorbance of 98.36%. This indicates that the optimum contact time for the degradation of Remasol Violet 5R dye is 30 minutes. From the experiments that have been carried out, it can be concluded that the electrooxidation method using graphite electrodes can be used as an alternative waste treatment method, especially in terms of removing dyes in textile industry wastewater.

Key words: absorbance; batch system; graphite electrode

PENDAHULUAN

Zat warna pada air limbah industri tekstil dapat dihilangkan/didegradasi dengan berbagai macam metode, antara lain metode fisika, fisikokimia dan biologi. Metode fisika yang biasa digunakan adalah filtrasi dan adsorpsi. Filtrasi dan adsorpsi dapat digunakan untuk menghilangkan warna pada limbah, namun ada kelemahannya yaitu dibutuhkan biaya yang mahal. Biaya yang mahal tersebut disebabkan karena pada metode ini perlu dilakukan proses regenerasi terhadap material filter maupun adsorben. Kelemahan yang lainnya adalah bahwa proses dalam metode ini pada prinsipnya hanyalah perubahan fasa zat warna dari fasa cair yaitu dalam bentuk larutan menjadi fasa padat yang terikat pada material filter atau adsorben (Fourcade et al., 2013).

Metode fisikokimia juga dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna pada air limbah industri tekstil, salah satunya adalah metode koagulasi menggunakan bahan kimia tertentu, namun metode ini mempunyai kelemahan yaitu bahwa hanya efektif untuk air limbah dengan kadar zat warna rendah. Kelemahan lain metode koagulasi ini adalah akan menghasilkan lumpur yang mengandung zat warna maupun material adsorben dan memerlukan perlakuan lebih lanjut (Kariyajjanavar et al., 2010).

Metode biologi juga dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna pada air limbah industri tekstil. Salah satu contoh metode biologi adalah metode mikrobiologi. Metode mikrobiologi ini mempunyai kelebihan yaitu bahwa proses penghilangan zat warna tidak hanya melokalisir zat warna seperti pada metode fisika dan fisikokimia, tetapi terjadi proses degradasi zat warna menjadi molekul yang lebih sederhana. Proses degradasi zat warna dalam metode mikrobiologi biasanya terjadi dengan melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi, namun demikian metode ini mempunyai kelemahan, antara lain adalah efisiensinya rendah untuk zat warna reaktif dengan ikatan (- N=N-) dalam kondisi aerobik, disamping itu proses pengolahannya memerlukan waktu yang lama (Aquino et al., 2010).

Metode lainnya yang dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna dalam air limbah industri tekstil adalah metode elektrokimia, metode ini masih terus dikembangkan oleh beberapa ilmuwan maupun akademisi, beberapa diantaranya adalah Bensalah and Abdel-Wahab, 2010; Gomes et al., 2011; Jović et al., 2013; Kariyajjanavar et al., 2011; Kusmierk et al., 2011; Méndez-Martínez et al., 2012; Uliana et al., 2012 dan Canan et al., 2013. Metode elektrokimia mempunyai keunggulan dibandingkan dengan metode-metode yang lain, yaitu lebih ekonomis karena hanya menggunakan sedikit waktu dan bahan kimia (Gosavi and Sharma, 2014), dan dapat menguraikan/mendegradasi zat warna menjadi molekul-molekul yang berukuran lebih kecil, metode elektrokimia terdiri dari metode elektrokoagulasi dan metode elektrooksidasi (Uliana et al., 2012).

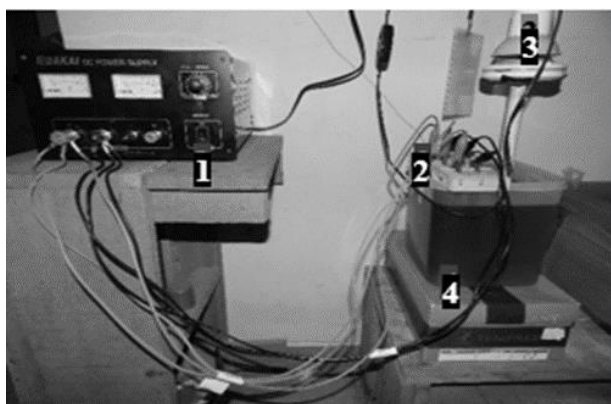
Proses elektrooksidasi terdiri dari dua macam reaksi oksidasi, yaitu oksidasi langsung dan tidak langsung. Pada oksidasi langsung polutan teradsorpsi di permukaan anoda (M) dan kemudian dioksidasi oleh radikal yang terbentuk di anoda. Oksidasi tidak langsung terjadi pada cairan oleh oksidator yang terbentuk dari proses elektrokimia seperti klorin, hipoklorit, radikal hidroksil, ozon dan hidrogen peroksida (Rajkumar and Muthukumar, 2012).

Dalam proses elektrooksidasi biasanya digunakan elektroda yang bersifat inert sehingga tidak menghasilkan senyawa baru yang memerlukan perlakuan lanjutan, elektroda inert yang biasa digunakan adalah grafit. Grafit yang digunakan dalam penelitian sebelumnya biasanya dalam kondisi baru dengan harga yang relatif mahal. Penelitian ini mencoba menggunakan grafit dari baterai bekas, dengan demikian diharapkan proses elektrooksidasi menggunakan baterai bekas ini akan memerlukan biaya lebih rendah. Penggunaan grafit dari baterai bekas perlu melalui uji optimasi, salah satunya adalah penentuan waktu kontak optimum. Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum degradasi zat warna tekstil Remazol Violet 5R dengan proses elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dari baterai bekas.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium, yaitu proses degradasi zat warna tekstil Remazol Violet 5R menggunakan metode elektrokimia khususnya metode elektrooksidasi dengan variasi waktu elektrolisis 15, 30, 45 dan 60 menit. Kondisi proses elektrolisis dibuat tetap dengan mengacu pada penelitian sebelumnya yang terdiri dari voltase 12 V, konsentrasi NaCl 4,12 g/liter, konsentrasi zat warna awal 100,54 mg/liter, kecepatan pengadukan 250 rpm, elektroda dari grafit bekas baterai sebanyak 3 pasang anoda-katoda, suhu pada suhu ruangan dan tidak dilakukan pengaturan pH (El-Sayed *et al.*, 2014). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: timbangan analitik (MATRIX ESJ 210-4B), spektrofotometer UV-Vis (UV-1800), bejana elektrooksidasi, pengaduk elektrik, batang grafit (bekas anode baterai ABC A1), *power supply* (DAKAI ALC 3030A). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: zat warna tekstil Remazol Violet 5R, NaCl (Merck) dan akuades.

Gambar rangkaian alat degradasi/elektrooksidasi disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Keterangan :

1. Power supply
2. Elektroda
3. Pengaduk elektrik
4. Bejana elektrooksidasi

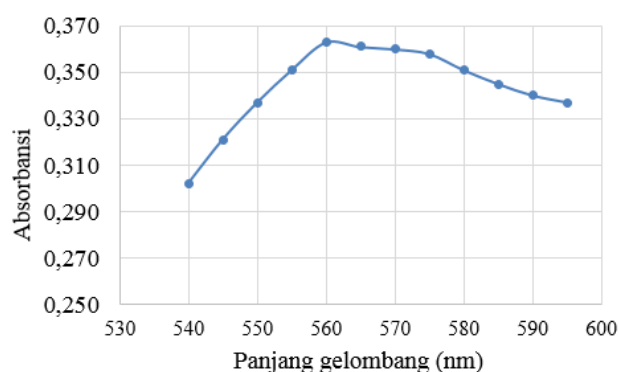
Gambar 1. Rangkaian alat elektrooksidasi

Setelah alat tersusun seperti pada Gambar 1, bejana elektrooksidasi (bejana 4) diisi dengan larutan zat warna Remazol Violet 5R sampai tanda batas (2 cm dari batas atas bejana),

kemudian pengaduk elektrik dan power supply dinyalakan. Setelah proses berlangsung selama 15 menit (dihitung dari saat power suply dinyalakan), power supply dan pengaduk elektrik dimatikan. Larutan dalam bejana elektrooksidasi diambil sebagian untuk diukur absorbansinya. Percobaan tersebut diulangi dengan waktu proses 30, 45 dan 60 menit. Diukur juga absorbansi larutan Remazol Violet 5R yang belum diproses (didegradasi). Sebelum dilakukan pengukuran absorbansi larutan Remazol Violet 5R (sebelum dan sesudah degradasi), ditentukan terlebih dahulu panjang gelombang maksimumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

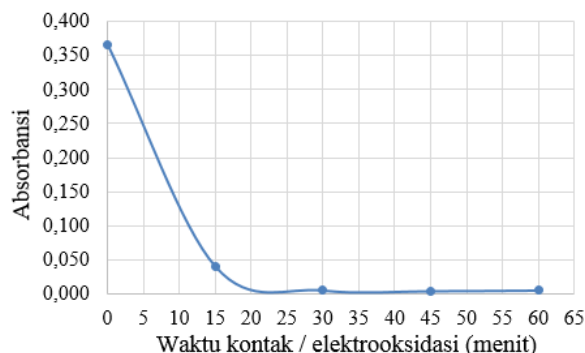
Hasil penentuan panjang gelombang maksimum disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Kurva hubungan λ versus absorbansi larutan Remazol Violet 5R

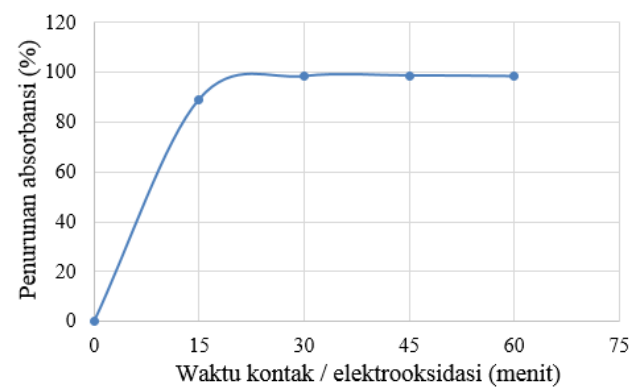
Berdasarkan data pada Gambar 2 didapatkan panjang gelombang maksimum untuk larutan Remazol Violet 5R adalah 560 nm dimana pada panjang gelombang tersebut diperoleh absorbansi terbesar yaitu 0,363. Panjang gelombang maksimum tersebut hampir sama dengan panjang gelombang maksimum penelitian sebelumnya yaitu 559 nm (Zian dkk., 2016), namun demikian pada setiap pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis penentuan panjang gelombang maksimum harus ditentukan sendiri, hal tersebut dikarenakan kondisi laboratorium belum tentu sama dengan laboratorium peneliti sebelumnya. Panjang gelombang tersebut digunakan sebagai acuan penggunaan panjang gelombang pada pengukuran absorbansi berikutnya, yaitu absorbansi larutan Remazol Violet 5R pada berbagai perlakuan elektrooksidasi, khususnya waktu proses elektrooksidasi/waktu kontak antara elektroda dengan larutan zat warna.

Hasil pengukuran absorbansi larutan Remazol Violet 5R pada berbagai waktu kontak (lama proses elektrooksidasi) disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Kurva waktu kontak vs absorbansi

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil persentase penurunan absorbansi larutan Remasol Violet 5R yang disajikan Gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Kurva waktu kontak vs persentase penurunan absorbansi

Dari data pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu kontak absorbansi semakin kecil, hal itu menunjukkan bahwa semakin banyak zat warna Remasol Violet 5R yang terdegradasi. Absorbansi setelah waktu kontak 30 menit cenderung konstan, hal itu menunjukkan bahwa mulai waktu kontak 30 menit degradasi zat warna Remasol Violet 5R sudah mencapai kondisi optimal. Namun demikian absorbansi pada menit ke-60 sedikit lebih tinggi daripada menit ke-45, hal ini mungkin disebabkan adanya serbuk karbon dari grafit yang ikut terukur sehingga memperbesar harga absorbansi. Hal itu didasarkan pada pengamatan langsung bahwa jika proses elektrooksidasi dilanjutkan lebih lama maka larutan semakin berwarna hitam yang disebabkan semakin banyaknya material grafit yang lepas ke larutan dengan ukuran kecil sehingga membentuk koloid.

Dari data pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa persentase penurunan absorbansi semakin besar dengan bertambahnya waktu kontak. Mulai waktu kontak 30 menit persentase penurunan absorbansi cenderung konstan, hal itu menunjukkan bahwa mulai waktu kontak 30 menit persentase penurunan absorbansi zat warna Remasol Violet 5R sudah mencapai kondisi optimal. Menurut hukum Lambert-Beer, absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi, dengan demikian semakin turun absorbansi larutan zat warna Remasol Violet 5R, maka konsentrasinya juga semakin kecil. Sejalan dengan hal tersebut, maka semakin tinggi persentase penurunan absorbansi, maka semakin tinggi pula persentase zat warna yang terdegradasi. Menurut data pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa persentase degradasi zat warna Remasol Violet 5R mulai konstan setelah tercapai waktu kontak 30 menit, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum degradasi zat warna Remasol Violet 5R adalah 30 menit dengan persentase degradasi zat warna sebesar 98,36 %.

Waktu kontak optimum hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan waktu kontak optimum 90 menit (Karmanto dan Sulistyia 2014). Perbedaan tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan jumlah elektroda dan elektrolit yang digunakan. Pada penelitian Karmanto dan Sulistyia jumlah elektroda grafit hanya 1 pasang dan menggunakan elektrolit Na_2SO_4 . Pada penelitian ini digunakan elektroda grafit sebanyak 3 pasang dan menggunakan elektrolit NaCl . Jumlah elektroda yang digunakan berhubungan dengan luas kontak antara larutan zat warna dengan elektroda, semakin bayak

elektroda digunakan maka luas kontak juga semakin besar dan menyebabkan proses degradasi lebih cepat selesai.

Elektrolit yang digunakan berhubungan dengan jumlah ion yang dihasilkan dalam larutannya, semakin besar derajat disosiasi maka semakin banyak ion yang dihasilkan. Ion-ion yang dihasilkan oleh elektrolit tersebut berhubungan dengan cepat lambatnya proses degradasi. NaCl mempunyai derajat disosiasi sebesar 0,86 sedangkan Na₂SO₄ 0,7, dengan demikian NaCl akan menghasilkan ion lebih banyak dibandingkan Na₂SO₄, sehingga proses elektrooksidasi dengan elektrolit NaCl akan berlangsung lebih cepat. Berdasarkan hal tersebut dapat dipahami bahwa penelitian ini menghasilkan waktu kontak optimum lebih kecil dibanding penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini dihasilkan waktu kontak optimum 30 menit, sedangkan pada penelitian sebelumnya (Karmanto & Sulistya 2014) dihasilkan waktu kontak optimum 90 menit.

KESIMPULAN

Waktu kontak optimum degradasi zat warna Remasol Violet 5R adalah 30 menit dengan persentase degradasi zat warna adalah 98,36 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, M., Ghahramani, E., Zarrabi, M., & Hashemi, S. 2015. Efficient De-colorization of Methylene Blue by Electro-coagulation Method: Comparison of Iron and Aluminum Electrode. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* Vol, 34(1).
- Aquino, J. M., Rocha-Filho, R. C., Bocchi, N., & Biaggio, S. R. 2010. Electrochemical degradation of the reactive red 141 dye on a β -PbO₂ anode assessed by the response surface methodology. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(2), 324-330.
- Azarian, G., Nematollahi, D., Rahmani, A. R., Godini, K., Bazdar, M., & Zolghadrnasab, H. 2014. Monopolar Electro-Coagulation Process for Azo Dye CI Acid Red 18 Removal from Aqueous Solutions. *Avicenna J Environ Health Eng.* 1(1):e354.
- Bazrafshan, E., & Mahvi, A. H. 2014. Textile Wastewater Treatment by Electrocoagulation Process using Aluminum Electrodes. *Iranian journal of health sciences*, 2(1), 16-29.
- Bensalah, N., & Abdel-Wahab, A. 2010. Electrochemical Treatment of Synthetic and Actual Dyeing Wastewaters Using BDD Anodes. *Air, soil and water research*, 3, 45.
- Camcioglu, S., Canan Pekel, L., Polat, K., & Hapoglu, H. 2014. Experimental design of wastewater treatment with electro-coagulation. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(1), 86-95.
- Canan Pekel, L., Ertunc, S., Zeybek, Z., & Alpbaz, M. 2013. Optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 24(4), 452-462.
- Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N. P., Coz, A., Kalogerakis, N., & Mantzavinos, D. 2006. Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents. *Journal of hazardous materials*, 137(2), 998-1007.
- El-Sayed, G. O., Awad, M. S., & Ayad, Z. A. 2014. Electrochemical Decolorization of Maxilon Red GRL Textile Dye. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(4), 402

- Fourcade, F., Delawarde, M., Guihard, L., Nicolas, S., & Amrane, A. 2013. Electrochemical reduction prior to electro-Fenton oxidation of azo dyes: impact of the pretreatment on biodegradability. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(1), 1-11.
- Gomes, L., Miwa, D. W., Malpass, G. R., & Motheo, A. J. 2011. Electrochemical degradation of the dye reactive orange 16 using electrochemical flow-cell. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(7), 1299-1306.
- Jović, M., Stanković, D., Manojlović, D., Anđelković, I., Milić, A., Dojčinović, B., & Roglić, G. 2013. Study of the electrochemical oxidation of reactive textile dyes using platinum electrode. *Int. J. Electrochem. Sci*, 8, 168-183.
- Karadag, D., Akgul, E., Tok, S., Erturk, F., Kaya, M. A., & Turan, M. 2007. Basic and reactive dye removal using natural and modified zeolites. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 52(6), 2436-2441.
- Karmanto, K., & Sulistya, R. 2014. Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5r Menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Kaunia*, 10(1), 11-19.
- Kariyajjanavar, P., Jogtappa, N., & Nayaka, Y. A. 2011. Studies on degradation of reactive textile dyes solution by electrochemical method. *Journal of hazardous materials*, 190(1), 952-961.
- Kariyajjanavar, P., Narayana, J., Nayaka, Y. A., & Umanaik, M. 2010. Electrochemical degradation and cyclic voltammetric studies of textile reactive azo dye cibacron navy WB. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 28(4), 265-277.
- Kusmierek, E., Chrzescijanska, E., Szadkowska-Nicze, M., & Kaluzna-Czaplinska, J. 2011. Electrochemical discolouration and degradation of reactive dichlorotriazine dyes: reaction pathways. *Journal of Applied Electrochemistry*, 41(1), 51-62
- Méndez-Martínez, A. J., Dávila-Jiménez, M. M., Ornelas-Dávila, O., Elizalde-González, M. P., Arroyo-Abad, U., Sirés, I., & Brillas, E. 2012. Electrochemical reduction and oxidation pathways for Reactive Black 5 dye using nickel electrodes in divided and undivided cells. *Electrochimica Acta*, 59, 140-149.
- Rajkumar, K., & Muthukumar, M. 2012. Optimization of electro-oxidation process for the treatment of Reactive Orange 107 using response surface methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(1), 148-160.
- Rencana Strategis Kementerian Perindustrian 2015-2019, Kemenperin Republik Indonesia.
- Uliana, C. V., Garbellini, G. S., & Yamanaka, H. 2012. Electrochemical reduction of disperse orange 1 textile dye at a boron-doped diamond electrode. *Journal of Applied Electrochemistry*, 42(5), 297-304.
- Vijayaraghavan, J., Basha, S. S., & Jegan, J. 2013. A review on efficacious methods to decolorize reactive azo dye. *Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE)*, 7(1).
- Zian, Z., Ulfan, I., & Harmami, H. (2016). Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2).