

## Penyisihan Fosfat dengan Metode Kombinasi Elektrokoagulasi dan Fotokatalis Menggunakan Komposit Kaolin-TiO<sub>2</sub>

Lintang Indra Liuqil Mahfudz<sup>1</sup>, Adhi Setiawan<sup>1</sup>, dan Tarikh Azis Ramadani<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111, Indonesia

\*E-mail: tarikh@ppns.ac.id

### Abstrak

Fosfat merupakan sumber daya alam yang jumlahnya terbatas dan memiliki peran penting bagi kehidupan. Fosfat yang terlalu banyak dapat menyebabkan ekosistem perairan menjadi buruk seperti eutrofikasi. Alternatif pengolahan limbah fosfat salah satunya menggunakan kombinasi proses elektrokoagulasi dan fotokatalis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu pada elektrokoagulasi dan waktu penyinaran sinar UV-C untuk menyisihkan fosfat. Bahan kaolin teknis dilakukan aktivasi menggunakan HCl. Penyisihan fosfat ini dilakukan dengan variasi waktu 90, 120, 180 menit dengan tegangan 10 V Limbah fosfat ini disinari sinar UV-C dengan variasi waktu 10, 20, 30 dan 40 menit dengan dosis komposit 120 mg/l. Penyisihan fosfat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri UV-C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi menyisihkan fosfat paling baik yaitu pada waktu 180 menit sebesar 84,01%. Proses fotokatalis dapat menyisihkan fosfat yang optimum pada waktu 40 menit sebesar 60,84%.

**Keywords:** Fosfat, Elektrokoagulasi, Fotokatalis, Komposit

### 1. PENDAHULUAN

Industri asam fosfat adalah perusahaan yang berfokus pada pembuatan asam fosfat. Asam Fosfat tersebut berasal dari reaksi antara asam sulfat dengan batuan fosfat yang menghasilkan asam fosfat dan gypsum. Air limbah pada industri asam fosfat berasal dari proses *Phosphoric Acid Plant*, *Sulfuric Acid Plant* dan purifikasi *gypsum*. Pada proses purifikasi *gypsum* terdapat proses pencucian *gypsum* yang menghasilkan air limbah yang mengandung fosfat yang cukup besar (Ayu dkk., 2019).

Fosfat merupakan sumber daya alam yang jumlahnya terbatas dan memiliki peran penting bagi kehidupan. Kadar fosfat yang berlebihan pada badan air menyebabkan beberapa permasalahan polusi air, seperti eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan pencemaran air yang disebabkan oleh jumlah nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air yang berakibat tidak terkontrolnya pertumbuhan tumbuhan air. Eutrofikasi menimbulkan beberapa dampak lainnya antara lain munculnya bau dan rasa, penetrasi cahaya dalam air berkurang, penurunan kadar oksigen terlarut pada malam hari, dan meningkatnya kematian ikan di badan air. Eutrofikasi juga dapat menurunkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*) yang membuat kondisi badan air menjadi anoksik (Alfionita dkk., 2019; Fitriana, dan Warmadewanthi., 2016).

Teknologi pengolahan limbah pada industri asam fosfat masih banyak menggunakan bahan kimia seperti PAC, tawas, dan kapur yang membutuhkan biaya yang besar dan banyak *sludge* yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengolahan air limbah yang tidak menggunakan bahan kimia seperti elektrokoagulasi dan fotokatalis menggunakan sinar UV-C (Sunardi dkk., 2012).

Salah satu metode pengolahan air limbah yang dapat diterapkan yaitu dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi digunakan sebagai alternatif pengolahan dikarenakan peralatan elektrokoagulasi lebih sederhana, mudah dioperasikan dan tidak memerlukan bahan kimia (Azzahroh., dkk., 2021; Masthura., 2019).

Proses elektrokoagulasi merupakan kombinasi dari proses elektrokimia dan proses koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi dalam elektrokoagulasi berbeda dengan proses konvensional. Pada proses konvensional dilakukan penambahan bahan kimia yang berfungsi sebagai koagulan. Elektroda pada proses elektrokoagulasi ini berfungsi sebagai koagulan yang mengikat zat pencemar. Plat yang digunakan pada teknologi elektrokoagulasi yaitu aluminium *stainless steel* dengan menggunakan listrik satu arah (DC), sehingga akan terjadi proses elektrokimia yang dapat mendegradasi limbah. (Azzahroh dkk., 2021; Rohmawati dkk., 2011).

Fotokatalis semikonduktor oksida logam titanium ( $\text{TiO}_2$ ) banyak dijelaskan sebagai material semikonduktor yang aktif sebagai fotokatalis. Metode ini merupakan metode alternatif yang cukup potensial dalam penanganan berbagai polutan organik dan zat pewarna. Namun, rendahnya daya adsorpsi  $\text{TiO}_2$  terhadap polutan menyebabkan rendahnya efisiensi aktivitas fotokatalitik dalam aplikasinya. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik yang memungkinkan fotokatalis menguraikan polutan dengan laju reaksi yang tinggi dengan menyerap polutan lebih banyak. Salah satu metode yang efektif digunakan dengan menambahkan adsorben pendukung pada proses fotokatalis. Adsorben inilah yang akan menyerap polutan sehingga dapat ditransfer ke permukaan katalis  $\text{TiO}_2$  dan proses fotodegradasi dapat berjalan lebih efektif. Adsorben yang digunakan yaitu kaolin yang dikompositkan dengan  $\text{TiO}_2$  (Sunardi dkk., 2012).

Beberapa keuntungan yang diharapkan pada pembuatan  $\text{TiO}_2$  pada kaolin dan zeolite yang melimpah di Indonesia, serta stabilitasnya yang tinggi pada kondisi asam. Material  $\text{TiO}_2$  yang ada pada kaolin, zeolit, dan lempung memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai adsorben dan fotokatalis (Sunardi dkk., 2011), sehingga keberhasilan dalam sintesis komposit lempung- $\text{TiO}_2$  merupakan alternatif solusi bagi pengolahan limbah cair. Oksidasi fotokatalitik polutan organik pada permukaan  $\text{TiO}_2$  telah dikembangkan secara luas untuk remediasi udara dan juga perairan, karena efektifitasnya yang tinggi, mampu mengurangi toksisitas serta biaya rendah (Sunardi dkk., 2012). Oleh karena itu, pemanfaatannya sebagai bahan dasar material pengemban untuk sintesis komposit kaolin- $\text{TiO}_2$  merupakan peluang yang besar untuk dikembangkan.

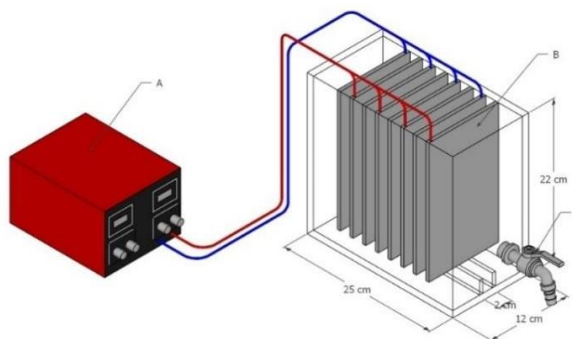
## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alat dan Bahan

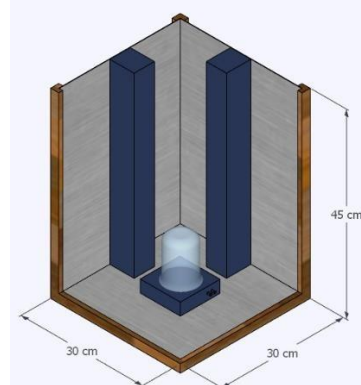
Alat yang digunakan diantaranya ayakan 100 mesh, kertas saring, Erlenmeyer, gelas beaker, corong kaca, oven, pipet volume, cawan petri, sendok, *magnetic stirrer*, hot plate, *power supply*, plat elektroda aluminium, reaktor elektrokoagulasi, dan reaktor fotokatalis. Bahan yang digunakan adalah kaolin,  $\text{TiO}_2$ , HCl, etanol 97%, dan aquadest.

### 2.2 Perancangan Reaktor Elektrokoagulasi dan Fotokatalis

Pada tahap ini dilakukan pembuatan reaktor elektrokoagulasi dan fotokatalis. Dimensi reaktor elektrokoagulasi adalah 25 cm x 12 cm x 22 cm dan fotokatalis sebesar 30 cm x 30 cm x 45 cm. Bahan yang digunakan untuk reaktor elektrokoagulasi adalah akrilik, sedangkan untuk reaktor fotokatalis yaitu kayu. Pada elektrokoagulasi terdapat 8 plat elektroda aluminium yang terlihat pada **Gambar 1**. Pada reaktor fotokatalis menggunakan 4 lampu UV-C di setiap sisi reaktor fotokatalis (**Gambar 2**).



**Gambar 1.** Reaktor Elektrokoagulasi



**Gambar 2.** Reaktor Fotokatalis

### 2.3 Preparasi Kaolin

Preparasi kaolin dilakukan dengan melakukan aktivasi menggunakan asam kuat yaitu asam klorida. Kaolin tersebut dilakukan pencampuran dengan asam klorida 5 M, kaolin/HCl 1:10 (b/v) lalu diaduk dengan magnetic stirrer selama 6 jam. Selanjutnya samper tersebut disaring dengan kertas saring dan dinetralkan sampai pH 7 dengan akuades. Setelah itu, masukkan kaolin yang telah disaring ke dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh (Annisa., 2020).

### 2.4 Sintesis Komposit Kaolin-TiO<sub>2</sub>

Kaolin sejumlah 10 gram di lakukan pencucian dengan air sebanyak 1000 mL dan diaduk selama 2 jam. TiO<sub>2</sub> sebesar 7 gram dicampurkan dengan kaolin yang sudah dilakukan pencucian. Pencampuran tersebut dilakukan pengadukan selama 24 jam. Hasil pengadukan tersebut di sentrifuge pada 4.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan air dan komposit. Komposit yang telah di dipisahkan dicampurkan lagi dengan air dan alkohol dengan volume 1 : 1. Komposit yang telah dicampurkan diletakkan pada botol untuk dilakukan proses hidrotermal pada suhu 120°C selama 2 jam. Komposit tersebut dilakukan sentrifuge kembali pada 4.000 rpm selama 15 menit. Komposit yang telah terpisah di oven pada suhu 110°C selama 1 jam (Azeez dkk., 2022).

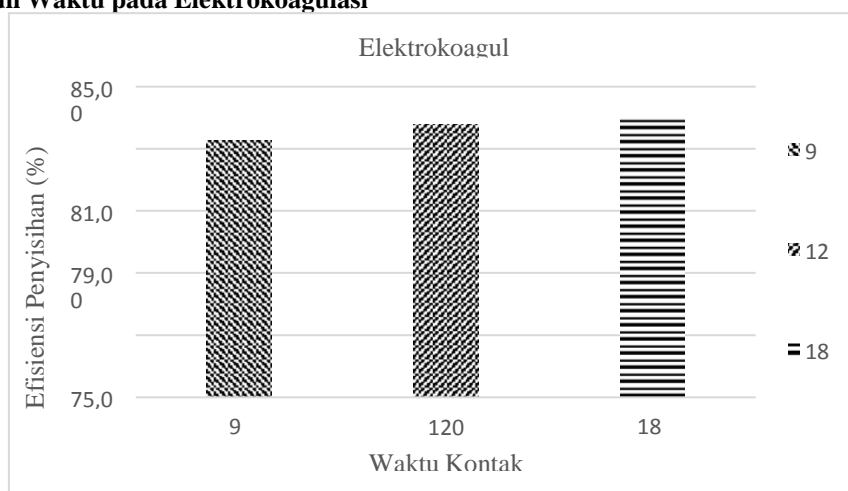
### 2.5 Pengujian Air Limbah Elektrokoagulasi dan Fotokatalis

Pada tahap ini terjadi proses pengolahan limbah fosfat pada reaktor elektrokoagulasi dengan variabel waktu 90, 120, 180 menit dengan tegangan sebesar 10 V. Dilakukan persiapan reaktor uji elektrokoagulasi dengan pemasangan elektroda, dan mengatur tegangan listrik sebesar 10 V. Memasukkan limbah fosfat ke dalam reaktor elektrokoagulasi. Nyalakan power supply dan nyalakan timer sesuai waktu yang telah ditentukan. Saat waktu habis matikan power supply dan nyalakan kran untuk pengambilan sampel air limbah fosfat.

Tahap ini dilakukan proses mengolah limbah fosfat kepada reaktor fotokatalis dengan variabel waktu penyinaran 10, 20, 30, 40 menit dengan dosis komposit 120 mg/l. Dilakukan persiapan reaktor uji dengan pemasangan 4 lampu UV-C 10 watt. Memasukkan limbah fosfat, dan komposit ke dalam gelas beaker 500 mL. menghubungkan lampu UV-C ke dalam stopkontak. Setelah lampu UV-C menyala, nyalakan timer sesuai waktu yang ditentukan sekitar 10,20,30,dan 40 menit. Setelah iu, dilakukan pengujian terhadap air limbah fosfat yang sudah diolah.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Waktu pada Elektrokoagulasi



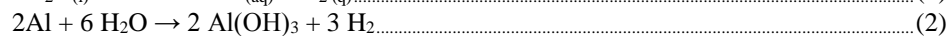
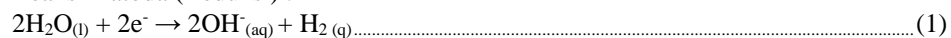
Gambar 3 Grafik Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penyisihan Fosfat

Berdasarkan Gambar 3, pada waktu 90 menit terjadi penurunan konsentrasi fosfat. Konsentrasi awal fosfat yaitu 315,5 mg/l tersisihkan sebesar 262,75 mg/l. Persentase penyisihan fosfat yaitu sebesar 83,25%. Pada waktu 120 menit, persentase penyisihan fosfat sebesar 83,76%. Pada waktu 180 menit,

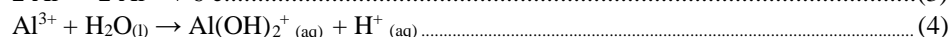
konsentrasi fosfat mengalami penurunan dengan persentase penyisihan sebesar 84,01 %. Berdasarkan hasil tersebut, terdapat perubahan konsentrasi fosfat seiring berjalannya waktu. Semakin besar waktu kontak yang digunakan, semakin besar pula efisiensi penyisihan fosfatnya (Anastasia & Nainggolan., 2021). Hubungan pengaruh waktu terhadap fosfat dapat dilihat pada **Gambar 3**. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu reaksi kadar fosfat menurun. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu yang digunakan pada proses elektrokoagulasi semakin banyak koagulan dan gas hidrogen yang terbentuk. Apabila proses tetap dilanjutkan dengan waktu yang lebih lama dan beban kandungan fosfat lebih baik (Melani dkk., 2017).

Pada proses elektrokoagulasi terjadi pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi, koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif limbah seperti Fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) (Juherah & Ansar., 2018). Terdapat reaksi pada proses elektrokoagulasi tersebut.

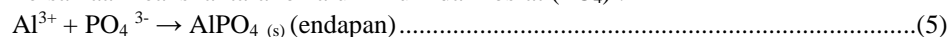
Reaksi Katoda (Reduksi) :



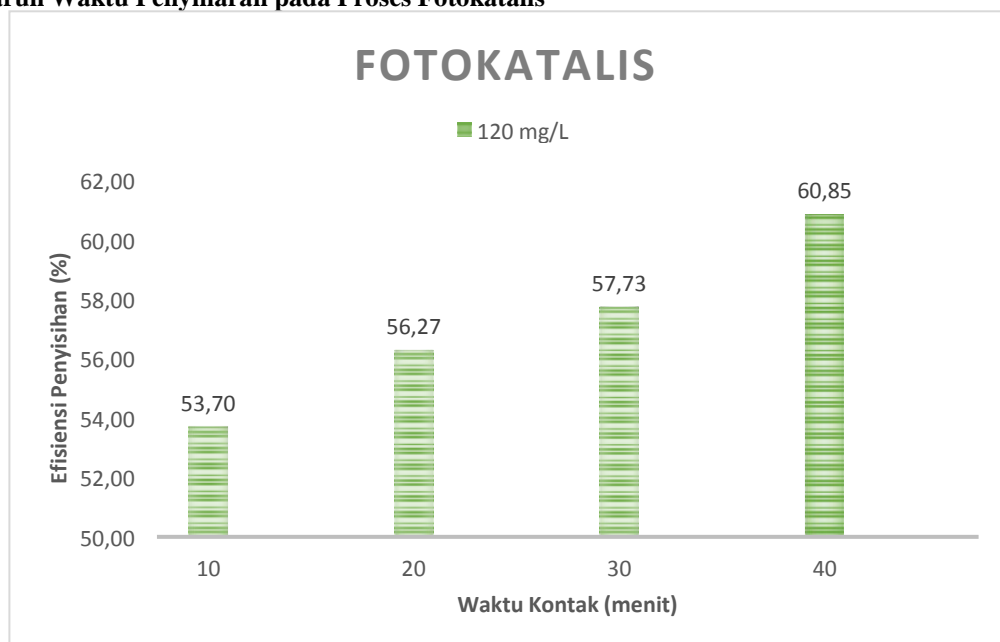
Reaksi Anoda (oksidasi) :



Persamaan reaksi antara ion aluminium dan fosfat ( $PO_4$ ) :



### 3.2 Pengaruh Waktu Penyinaran pada Proses Fotokatalis



**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Waktu kontak terhadap Penyisihan Fosfat

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4** lama penyinaran mempengaruhi penurunan nilai fosfat (%) limbah cair fosfat. Konsentrasi limbah sebelum memasuki proses fotokatalis yaitu sebesar 50,45 mg/l. Proses fotokatalis kaolin-TiO<sub>2</sub> menurunkan nilai fosfat pada 10 menit sebesar 53,69% dengan komposit 120 mg/l. Penurunan paling optimum terjadi pada menit ke 40 untuk jumlah komposit 120 mg/l yaitu sebesar 60,85%.

**Gambar 4** menunjukkan bahwa jumlah Kaolin-TiO<sub>2</sub> dan lama penyinaran memiliki pengaruh terhadap nilai penurunan kadar fosfat pada air limbah. Semakin tinggi jumlah Kaolin-TiO<sub>2</sub> cenderung menyebabkan nilai fosfat semakin turun sehingga penurunan kadar fosfat mengalami peningkatan. Hal yang sama juga terjadi pada waktu penyinaran, semakin lama waktu penyinaran cenderung menyebabkan nilai fosfat semakin turun sehingga nilai penurunan kadar fosfat mengalami peningkatan (Rizquillah., 2019). Hasil penurunan nilai fosfat terbaik terjadi pada kondisi jumlah massa komposit Kaolin-TiO<sub>2</sub> sebesar 120 mg/L dengan lama waktu penyinaran 40 menit. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penurunan kadar fosfat air limbah

mencapai 60,85%. Menurut (Suryandari dkk., 2019), Penurunan kadar fosfat pada air limbah setelah melalui proses fotokatalisis dapat terjadi berkaitan dengan terbentuknya radikal hidroksil  $\bullet\text{OH}$  yang berperan sebagai agen reduktor senyawa organik termasuk fosfat. Adanya interaksi antara radikal OH dengan fosfat akan menghasilkan senyawa yang tidak berbahaya (Suryandari dkk., 2019). Penyisihan fosfat menggunakan fotokatalis kaolin-TiO<sub>2</sub> terjadi melalui proses adsorpsi fosfat ke permukaan partikel fotokatalis, yang secara simultan disertai dengan proses oksidasi fotokatalitik terhadap fosfat.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Peningkatan waktu kontak pada elektrokoagulasi mempengaruhi penyisihan fosfat. Semakin besar waktukontak maka semakin bagus presentase penyisihan fosfat pada proses tersebut.
2. Peningkatan waktu penyinaran mempengaruhi penyisihan fosfat pada proses fotokatalis. Hal ini ditunjukkan dengan semakin besar waktu penyinaran semakin bagus presentase penyisihan fosfat.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Adhi Setiawan S.T., M.T. dan Bapak Tarikh Azis Ramadani S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada Ibu Dr. Mirna Aprini, S.T., M.T. dan Ibu Ulvi Pri Astuti S.T., M.T. selaku dosen pengujisehingga penelitian ini menjadi lebih baik.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alfionita, A. N. A., Patang, & Kaseng, E. S. (2019). *Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air Di Sungai Jeneberang. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1), 9–23. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8190>.
- Anastasia, J., & Nainggolan, B. R. (2021). *Aplikasi Proses Elektrokoagulasi Untuk Penghilangan Fosfat Dengan Elektroda Aluminium (Al) Dalam Limbah Cair Sintetis*.
- Annisa, R. (2020). *Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Kaolin-Tio2 Dari Ilmenit Bangka Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B*.
- Ayu, N., Setiawan, A., & Mayangsari, N. E. K. A. (2019). *Elektrokoagulasi Pada Air Limbah Fluoride*.
- Azeez, S. O., Saheed, I. O., Adekola, F. A., & Salau, S. S. (2022). *Preparation Of TiO2-Activated Kaolinite Composite For Photocatalytic Degradation Of Rhodamine B Dye. Chemical Society of Ethiopia*, 1(1011–3924), 13–24.
- Azzahroh, A., Setiawan, A., & Ramadani, T. A. (2021). *Kombinasi Elektrokoagulasi Berbasis Aerasi Dengan Penambahan Nacl Dalam Penyisihan Minyak Dan Lemak*
- Fitriana, Aulia Rodlia Warmadewanthi, I. (2016). *Penurunan Kadar Amonium dan Fosfat pada Limbah Cair Industri Pupuk. Teknik ITS*, 5(2).
- Juherah, & Ansar, M. (2018). *Pengolahan Limbah Cair Dengan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Fosfat(PO4) Pada Limbah Laundry. Sulolipu*, 18(2), 106–112.
- Masthura. (2019). *Penerapan Metode Elektrokoagulasi Sebagai Alternatif Pengolahan Air Bersih*. In *LP2M UIN Sumatera Utara*.
- Rizqullah, M. (2019). *Pengaruh Rasio Fotokatalis dengan Limbah dan Lama Penyinaran Terhadap Kemampuan Beads TiO2- Bentonit/Kitosan dan TiO2-N-Bentonit/Kitosan dalam Mendegradasi Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Sinar UV*.
- Rohmawati, S. (2011). *Degradasi remazol brilliant blue dalam limbah tenun kain dengan metode elektrokoagulasi*.
- Sunardi, Irawati, U., & Sybianti, N. R. (2012). *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolin-TiO2 sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Zat Warna Rhodamine B. Sains dan Terapan Kimia*, 6(2), 118–129.
- Sunardi, Irawati, U., & Wianto, T. (2011). *Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi. Jurnal Fisika FLUX*, 8(1), 59–65.
- Suryandari, A. S., Mustain, A., Pratama, D. W., & Maula, I. (2019a). *Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO2-Karbon Aktif Terhadap Mutu Air Limbah Power Plant. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 3(2), 95–101. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i2.124>