



Analisis Kinerja Resin Immobilized Photocatalyst dalam Meningkatkan Kualitas Efluen Limbah Cair

M. Khadik Asrori^{1*}, Euis Nurul Hidayah², Hendrata Wibisana³

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

² Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi: khadik.asrori@staff.upnjatim.ac.id

Diterima: 7 Agustus 2022

Disetujui: 24 Oktober 2022

Diterbitkan: 31 Oktober 2022

Kata Kunci:

Limbah Batik, Limbah Tahu, Resin Immobilized Photocatalyst, Limbah Industri

ABSTRAK

Limbah cair merupakan sisa hasil buangan sisa produksi atau aktivitas domestik yang berupa cairan. Limbah cair dapat berupa air beserta bahan-bahan buangan lainnya yang tercampur (tersuspensi) maupun larut didalam air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang perbandingan efektivitas resin immobilized foto katalis TiO₂ dan ZnO dalam proses degradasi fotokatalitik senyawa toksik yang terdegradasi (%). Kabupaten Sidoarjo merupakan kabupaten dikenal sebagai kota delta, karena diapit oleh dua sungai yaitu sungai Surabaya dan sungai porong. Penelitian ini dilakukan di pabrik tahu Muncul, Surabaya dan industri batik rumahan di Kecamatan Tanjung Bumi, Bangkalan, Madura. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode refluks untuk parameter uji COD, metode spektrofotometer UV-Vis untuk parameter uji UV₂₅₄ dan metode Atomic Absorption Spectroscopy untuk uji parameter Crom (Cr). Hasil penelitian pengaruh variasi RIPZnO adalah 1; 2; 3. Berdasarkan hasil penelitian limbah batik dan limbah tahu memiliki variasi yang lebih tinggi yaitu mencapai 75,56% untuk dosis 15 gram pada 15 jam, sedangkan limbah batik dan limbah tahu pada dosis 15 gram ke 15 jam dengan hasil 77,89%. Sedangkan pengaruh variasi terhadap penurunan konsentrasi UV₂₅₄ untuk limbah batik memiliki variasi control 7,65% pada dosis 15 gram ke jam 15 dan limbah tahu dengan hasil 73,06% pada dosis 15 gram ke 15 jam. Pada penurunan konsentrasi krom (Cr), variasi control menghasilkan penurunan 73,06% pada dosis 15 gram ke jam 15 untuk limbah batik. Penyisihan tinggi COD dan UV₂₅₄ didapatkan pada limbah batik dan limbah tahu memiliki nilai terendah.

Received: 7 August 2022

Accepted: 24 October 2022

Published: 24 October 2022

Keywords:

Liquid Waste, Photocatalyst Immobilized Resin, Industrial Waste

ABSTRACT

Liquid waste is the remaining waste of production or domestic activity that is liquid. Liquid waste can be water and other waste ingredients mixed (tersuspension) maupub soluble in water. The purpose of this research is to provide information about the effectiveness of the immobilized resin photo catalyst TiO₂ and ZnO in the process of photocatalytic degradation of degraded toxic compounds (%). Sidoarjo Regency is a district in Eastern Java Povinsi. This research was conducted in the factory tofu Muncul, Surabaya and home batik industry in Tanjung Bumi District, Bangkalan, Madura. The method used in this research is a reflux method for COD test parameters, UV-Vis spectrophotometer methods for UV₂₅₄ test parameters and Spectroscopy Atomic Absorption methods for Crom (Cr parameters test). The results of the influence of the variation of RIP-ZnO are 1; 2; 3. In the same scale for the waste of batik and waste knows to have higher variations namely reaching 75.56% for dosage of 15 grams to 15 hours. In the waste of batik and waste knows at a dose of 15 grams to 15 hours with a result of 77,89%. The influence of variations to the decrease in UV₂₅₄ concentration for the waste batik has a contril variation of 57,65% at a dose of 15 grams to 15 hours and waste knows with a result of 73,06% at a dose of 15 grams to 15 hours. The control variation of the decrease in the concentration of Crom (Cr) the results obtained is 73.06% at a dose of 15 grams to 15 hours for the waste of batik. COD and UV₂₅₄ high-cleaning is obtained in batik waste and waste knows to have the lowest value.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber penting bagi keberadaan semua organisme hidup, namun sumber kualitas air sangat memprihatinkan karena meningkatnya populasi dan aktivitas industri. Peningkatan jumlah penggunaan air akan menghasilkan peningkatan jumlah air limbah. Air limbah industri yang tidak berhasil diolah menjadi tantangan terhadap keadaan lingkungan. Adanya zat organik dalam air limbah ini sebagian dapat terurai dan banyak yang tidak dapat terurai. Pengolahan biologis air limbah saja biasanya tidak efektif, sehingga dapat mengakibatkan kualitas air yang buruk (Edzwald, J.K., & Tobiason, 2011).

Dalam industri tekstil dan garmen, khususnya produksi batik, proses produksinya memiliki bagian pencelupan yang menimbulkan banyak potensi risiko pencemaran sumber air. Proses *finishing* pewarnaan seringkali menggunakan pewarna organik sintetik. Sekitar 60-70% pewarna yang digunakan dalam pewarnaan tekstil adalah pewarna organik yang disintesis dari zat warna golongan metanol dan turunannya sehingga menimbulkan risiko pencemaran lingkungan. Selain itu, air limbah berasal industri batik ditandai menggunakan kekeruhan, pembusaan, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak alkalin serta pewarna yg mengandung logam berat, mirip krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu), serta mangan (Mn) (Natalina & Firdaus, 2017).

Limbah cair industri batik dicirikan oleh kekeruhan, busa berwarna, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak basa dan zat warna yang mengandung logam berat. Senyawa logam berat toksik yang terdapat di limbah industri batik diduga ialah krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu) serta mangan (Mn). Senyawa tersebut dapat berdampak pada tubuh manusia, seperti sebagai penyebab kanker paru-paru, kerusakan hati serta ginjal. Mengingat bahaya logam Cr, maka perlu dilakukan pengolahan air limbah industri asal batik sebelum masuk ke badan air, guna mengurangi tingkat pencemaran air sungai. Upaya penghilangan logam berat Cr bisa dilakukan dengan metode pengolahan limbah yg sederhana serta ramah lingkungan yaitu adsorpsi (Natalina., Hidayati, Firdaus., 2017).

Penghasil limbah industri lainnya adalah industri pangan berbahan utama organik, misalnya industri tahu. Limbah dari pengolahan tahu memiliki kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) sekitar 5.000-10.000 mg/l, COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 7.000-12.000 mg/l, dan mengandung amonia dan fosfat. Jika limbah tersebut dibuang ke badan air, akan menurunkan daya dukung lingkungan perairan (Sayow et al., 2020), misalnya konsentrasi amonia di atas 0,1 mg/L akan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan. Kandungan fosfat menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang tidak terkendali, menghalangi cahaya yang masuk ke dalam air dan mengurangi suplai oksigen (Rohman et al., 2018).

Sama halnya dengan limbah batik, limbah tahu akan mengganggu ekosistem perairan dan dapat menimbulkan berbagai penyakit bagi manusia (Rohman et al., 2018).

Umumnya, pengolahan air limbah dilakukan dengan metode deposisi kimia dan koagulasi. Namun, metode ini membutuhkan pengolahan awal yang signifikan dan menghasilkan lumpur sebagai limbah berbahaya sekunder yang memerlukan pengolahan lebih lanjut (Rahman, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, limbah toksik pada limbah cair batik dan tahu dapat didegradasi melalui

serangkaian proses fotolitik menggunakan sinar UV, sinar UV buatan matahari, radiasi ultraviolet dan radiasi matahari. Proses ini dapat dipercepat dengan menggunakan bahan yang bersifat fotokatalis, yaitu bahan yang mampu mempercepat reaksi fotokimia. Beberapa senyawa kimia yang memiliki sifat fotokatalitik adalah titanium oksida (TiO₂) dan seng oksida (ZnO). TiO₂ Fotokatalis adalah metode yang paling banyak digunakan karena lebih unggul dari katalis semikonduktor lainnya. Fotokatalis merupakan penggunaan bahan katalis pada reaksi kimia yang melibatkan cahaya untuk mempercepat transformasi kimia (Rahman, 2012) dan terbukti mampu mendegradasi senyawa rhodamin B sebanyak 90% (Paul 2020). Selain itu adsorpsi ZnO telah dianggap efektif menghilangkan polutan air dengan teknik fisik tradisional (adsorpsi pada karbon aktif, pertukaran ion pada resin adsorben sintetik, ultra filtrasi, koagulasi oleh teknik kimia), dan umumnya dapat digunakan secara efisien.

Metode yang digunakan untuk degradasi fotokatalitik secara AOPs sebelum perlakuan resin TiO dan ZnO dicangkokkan ke dalam limbah yaitu analisis komposisi, salah satunya proses pembuatan ramuan TiO dan ZnO dalam suhu ruang. Fotokatalisis terjadi melalui fotokonduktivitas senyawa oksida yang mengkatalisis pembentukan oksidan yang dapat menghancurkan zat warna. Reaksi fotokatalitik diaktifkan dengan menyerap foton dengan energi yg sama atau lebih akbar asal energi celah pita dalam katalis.

Berdasarkan latar belakang dampak dan penglohan limbah cair tersebut, tujuan dari penelitian ini untuk dapat memberikan informasi untuk membandingkan efektivitas resin amobil TiO₂ dan ZnO pada degradasi fotokatalitik senyawa toksik pada limbah batik serta tahu sesuai senyawa toksik yang terdegradasi (%).

2. METODE

Penelitian ini menggunakan proses degradasi fotokatalitik tingkat lanjut untuk mendegradasi dan mengoksidasi sebagian besar polutan organik terlarut dan sedikit polutan anorganik dalam limbah cair batik dan limbah cair tahu secara berkelanjutan, ekonomis, dan ramah lingkungan tanpa menghasilkan polutan sekunder. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Juli 2021 sampai Agustus 2021.

Pengumpulan data primer didapatkan secara langsung di lapangan, yaitu dengan parameter COD, UV-Vis, Cr pada limbah cair industri tekstil batik dan industri tahu, dengan metode uji seperti dijelaskan pada Tabel 1. Data sekunder yang digunakan meliputi Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil dan Industri Pengolahan Kedelai dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013.

Tabel 1. Metode Analisis

Parameter Uji	Metode Analisis	Standar
COD	Refluks Terbuka	<i>Standard Methods 5220</i>
UV ₂₅₄	Spektrofotometer UV-Vis	<i>Standard Methods 5910</i>
Cr	<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>	EPA 1669

Parameter COD digunakan untuk mengetahui konsentrasi bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi. Parameter UV₂₅₄ mengukur konsentrasi bahan organik terlarut yang bersifat aromatik. Parameter Cr³⁺ digunakan untuk mengukur kandungan logam berat Cr dalam sampel.

Data hasil analisis berupa konsentrasi parameter COD, UV₂₅₄, dan Cr yang telah mengalami berbagai perlakuan. Pembahasan data dilakukan dengan menggunakan persen penyisihan parameter uji untuk mengetahui komposisi *resin immobilized* fotokatalis senyawa TiO₂ dan ZnO yang optimum dalam mendegradasi polutan organik dan anorganik dan untuk mengetahui efektivitas *resin immobilized* fotokatalis TiO₂ dan ZnO terhadap kualitas efluen limbah cair batik dan limbah tahu. *One-Way Analysis of Varian (One-Way ANOVA)* digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan rata-rata persen penyisihan antara setiap parameter yang mengalami perbedaan perlakuan, sehingga dapat diketahui variable atau perlakuan yang memberikan pengaruh signifikan dalam kinerja *resin immobilized photocatalyst*

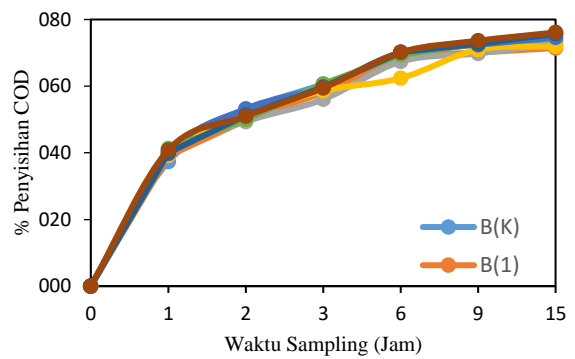
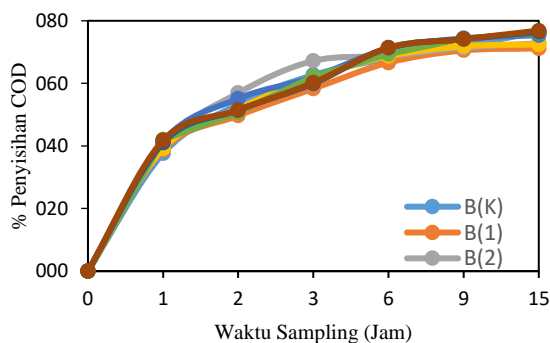
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Resin Immobilized Photocatalyst Dalam Menurunkan Konsentrasi Parameter COD

Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan konsentrasi COD dengan hasil yang bervariasi, hubungan lama waktu sampling dan rasio fotokatalis TiO₂ memberi pengaruh terhadap perubahan konsentrasi COD. Dari hasil penelitian diketahui semakin lama waktu sampling, maka semakin tinggi persentase penyisihan COD, serta penambahan variasi rasio RIP TiO₂ memberikan hasil persentase penyisihan yang semakin tinggi.

Nilai persentase penyisihan parameter COD tertinggi antara kedua limbah diketahui pada limbah tahu, hal ini disebabkan oleh protein dalam limbah tahu diketahui memiliki kemampuan daya serap dari asam amino yang membentuk zwitter ion (bermuatan dua), yang menyebabkan adanya pertukaran ion antara limbah tahu dan RIP, serta didukung beda konsentrasi ion antara limbah dan RIP (Perwitasari, 2021).

Limbah batik mengalami penurunan persentase penyisihan yang disebabkan kehadiran senyawa humat yang menyebabkan tersumbatnya pori-pori RIP-TiO₂, sehingga mengurangi kinerja RIP-TiO₂ dalam melakukan fotodegradasi COD (Li et al., 2020). Selain itu limbah batik diketahui mengandung bahan-bahan sintetik yang sulit diuraikan karena senyawa yang terkandung pada limbah batik cukup stabil. Berikut gambar 1 menampilkan persentase penyisihan COD dalam limbah batik dan tahu.

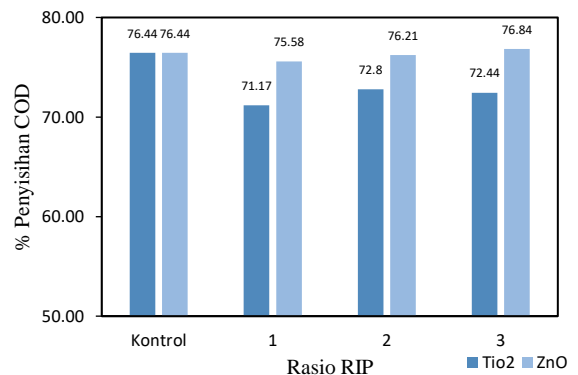


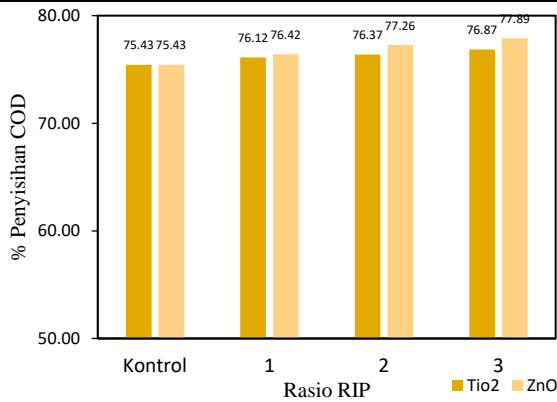
Gambar 1. Peningkatan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD dengan RIP-TiO₂ pada Dosis 15 gr (A) dan Dosis 5 gram (B)

Berdasarkan Gambar 1 Yang menjelaskan hubungan antara lama waktu penyinaran dengan penyisihan konsentrasi COD. Setelah dilakukan percobaan selama 15 jam dalam dosis 1, 5, 10, dan 15 gram. Diketahui pada dosis 15 gram persentase penyisihan COD mengalami peningkatan yang paling besar dari semua dosis yang diberikan pada jam ke-15, khususnya pada variasi RIP-TiO₂-3, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak RIP-TiO₂ yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa organik yang terurai, kemampuan RIP-TiO₂-3 dalam menguraikan senyawa organik juga menunjukkan keberhasilan dalam pengadukan. Sesuai berdasarkan penelitian Basuki (2010), kenaikan dosis RIP-TiO₂ mencapai optimum dapat meningkatkan efisiensi penyisihan COD.

Dalam dosis RIP-TiO₂-3 persentase penyisihan mencapai 76,87% untuk limbah tahu dan 72,44% untuk limbah batik. Waktu sampling pada jam ke-15 juga turut memberikan persentase penyisihan yang lebih tinggi, dimana semakin lama air limbah terpapar RIP maka proses pertukaran ion diantaranya semakin banyak (Hifdillah et al., 2021).

Pada dosis 5 gram, baik dalam limbah tahu maupun limbah batik persentase penyisihan COD mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari dosis 1 gram, yaitu 76,12% untuk limbah tahu dan 71,89% untuk limbah batik. Namun persentase penyisihannya memang tidak lebih bagus dari pengolahan dosis 15 gram, hal ini memang rasio dosis RIP-TiO₂ sangat berpengaruh terhadap nilai persentase penyisihan COD, peningkatan yang cukup signifikan pada dosis 5 gram ini menunjukkan lebih banyak radikal hidroksil (•OH) yang telah aktif sehingga lebih banyak menguraikan COD.





Gambar 2. Perbandingan Persentase Penyisihan COD oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO dalam Limbah Batik (A) dan Tahu (B)

Gambar 2 menampilkan perbedaan persentase penyisihan parameter COD dalam limbah batik (A) dan limbah tahu (B) pada dosis 15 gram di jam ke-15 oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO. Dosis 15 gram diambil dengan dasar bahwa antara semua dosis yang diberikan, dosis 15 gram memiliki persentase penyisihan paling besar, begitu pula di jam ke-15. Pada limbah batik (Gambar 2A) diketahui antara dua fotokatalis yang digunakan, RIP-ZnO memiliki persentase penyisihan lebih tinggi dari RIP-TiO₂. Hal serupa juga terjadi pada limbah tahu, dimana persentase penyisihan COD lebih tinggi oleh RIP-ZnO meskipun selisih antara keduanya tidak terlalu besar. Pemilihan fotokatalis TiO₂ dalam pengolahan air limbah telah banyak digunakan karena termasuk dalam oksidator yang kuat, fotostabilitas jangka panjang dan non-toksik. Namun dalam penelitian diketahui dengan menggunakan fotokatalis ZnO persentase penyisihan COD lebih besar, hal ini didasarkan pada kemampuan lebih ZnO sebagai fotokatalis karena memiliki energi celah pita atau band gap lebih besar, kualitas listrik, optik dan mekanik yang paling sesuai, serta menunjukkan efisiensi penyerapan senyawa yang lebih tinggi dibanding TiO₂ (Hidayah et al., 2021).

Pembahasan terkait penurunan COD diperkuat dengan analisis statistik yang dilakukan, dengan analisis variance yang terdiri dari 2 jenis fokalitas dan interpretasi statistik Tukey's dengan menggunakan nilai alpha sebesar 0,05 diperoleh p-value = 0,837 yang artinya p-value > alpha atau H₀ gagal ditolak, dengan hasil p-value tersebut dinyatakan H₀ gagal ditolak, atau dikatakan rata-rata semua mean sama, yaitu semua jenis fotokatalis memiliki rata-rata persentase penyisihan COD yang sama.

Tabel 2. Analisis Statistik Variasi Tabel dan Tukey Method dengan Nilai Kepercayaan 95%

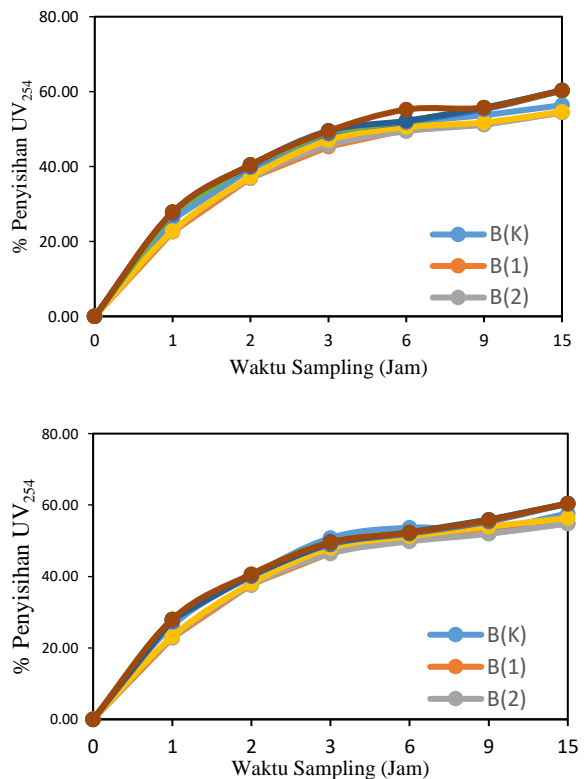
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Val	P-Val
Jenis Fotokatalis	2	214	107,1	0,18	0,837
Error	389	234682	603,3		
Total	391	234896			

Jenis Fotokatalis	N	Mean	Grouping
RIP-ZnO	168	53,39	A
Tanpa Katalis	56	52,41	A
RIP-TiO ₂	168	51,80	A

Kinerja Resin Immobilized Photocatalyst Dalam Menurunkan Konsentrasi Parameter UV-254

Persentase penyisihan bahan organik senyawa aromatik menggunakan fotokatalis TiO₂ menunjukkan grafik yang cenderung meningkat, hal ini menunjukkan dosis yang diberikan serta lama waktu kontak sangat berpengaruh terhadap persentase penyisihan, selain itu rendahnya berat molekul air limbah juga turut mempengaruhi persentase penyisihan, berat molekul yang rendah akan lebih mudah berdifusi ke pori-pori atau hole RIP, sedangkan berat molekul yang lebih besar tidak bisa berdifusi karena beda ukuran dengan hole yang tersedia.

Dalam limbah tahu dan limbah batik dengan dosis dan perlakuan yang sama, persentase penyisihan UV₂₅₄ menggunakan RIP-TiO₂ dalam limbah tahu menunjukkan hasil yang lebih besar, hal ini dikarenakan konsentrasi awal UV₂₅₄ ada limbah tahu diketahui lebih kecil dari limbah batik. Dalam Gambar 3 dapat diketahui bahwa persentase penyisihan UV₂₅₄ tidak terlalu tinggi, hanya 54,50% - 60,50%, selain dipengaruhi oleh perbedaan berat molekul air limbah dan hole RIP, persentase penyisihan juga dipengaruhi oleh senyawa aromatik itu sendiri, yaitu ion dalam air limbah yang bersaing menempati hole sehingga dapat mengurangi efisiensi penyisihan senyawa aromatik, hal ini sesuai yang disebutkan Caltran et al., 2020 bahwa efisiensi penyisihan bahan organik terlarut hanya mencapai 11% sedangkan penyisihan sulfat dapat mencapai 68%.

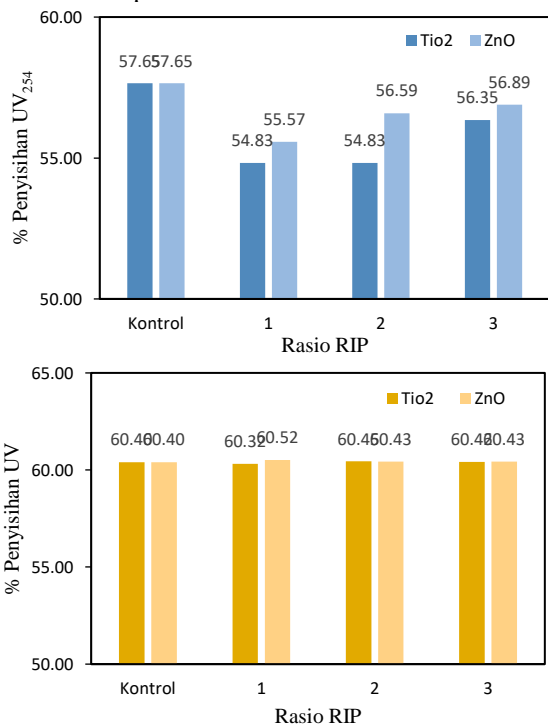


Gambar 3. Peningkatan Persentase Penyisihan Konsentrasi UV₂₅₄ dengan RIP-TiO₂ pada Dosis 15 gram (A) dan Dosis 5 gram (B)

Setelah dilakukan percobaan setelah 15 jam dalam dosis 1, 5, 10, dan 15 gram. Diketahui persentase penyisihan UV₂₅₄ tertinggi pada dosis 15 gram pada jam ke-15, hal ini menunjukkan adanya penambahan dosis mengakibatkan peningkatan laju fotodegradasi, penambahan dosis RIP-TiO₂ akan meningkatkan luas permukaan aktif katalis, sehingga

meningkatkan jumlah radikal •OH yang berperan dalam peningkatan persentase penyisihan.

Dalam semua variasi dosis yang diberikan, dosis 5 gram mengalami peningkatan persentase yang cukup signifikan dimana sebagian besar peningkatan persentase penyisihan UV₂₅₄ terjadi dalam dosis 5 gram meskipun tidak sebesar dosis 15 gram, hal ini dikarenakan beban volume limbah yang sama dan hole yang aktif pada permukaan fotokatalis tetap konstan karena tidak ada penambahan dosis



Gambar 4. Perbandingan Persentase Penyisihan UV₂₅₄ oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO dalam Limbah Batik (A) dan Tahu (B)

Perbedaan penyisihan bahan organik aromatik atau UV₂₅₄ oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO ditampilkan pada gambar 4.6 untuk limbah batik (4.6.A) dan limbah tahu (4.6.B), dijelaskan sebelumnya bahwa nilai persentase penyisihan UV₂₅₄ diidentifikasi lebih baik pada dosis 15 gram jam ke-15 untuk limbah batik dan tahu. Dengan menggunakan dua jenis fotokatalis, dan selisih persentase penyisihan yang tidak jauh antar dua jenis fotokatalis, RIP-ZnO diketahui memiliki persentase penyisihan lebih besar untuk limbah batik dan tahu dalam menyisihkan bahan organik aromatik.

Hal ini selain fotokatalis ZnO memiliki energi celah pita atau band gap lebih besar, kualitas listrik, optik dan mekanik yang paling sesuai, fotokatalis ZnO juga memiliki struktur kristal heksagonal yang lebih baik digunakan untuk transfer elektron, sedangkan struktur yang dimiliki RIP-TiO₂ adalah struktur amorf yang kurang menguntungkan untuk transfer elektron (Hidayah et al., 2021).

Hasil ini diperkuat dengan analisis statistik yang menunjukkan bahwa berdasarkan statistik Tukey's dengan menggunakan nilai alpha sebesar 0,05 diperoleh p-value = 0,952 yang artinya p-value > alpha atau H₀ gagal ditolak, dengan hasil p-value tersebut dinyatakan H₀ gagal ditolak, atau dikatakan rata-rata semua mean sama, yaitu semua jenis fotokatalis memiliki rata-rata persentase penyisihan UV₂₅₄ yang sama.

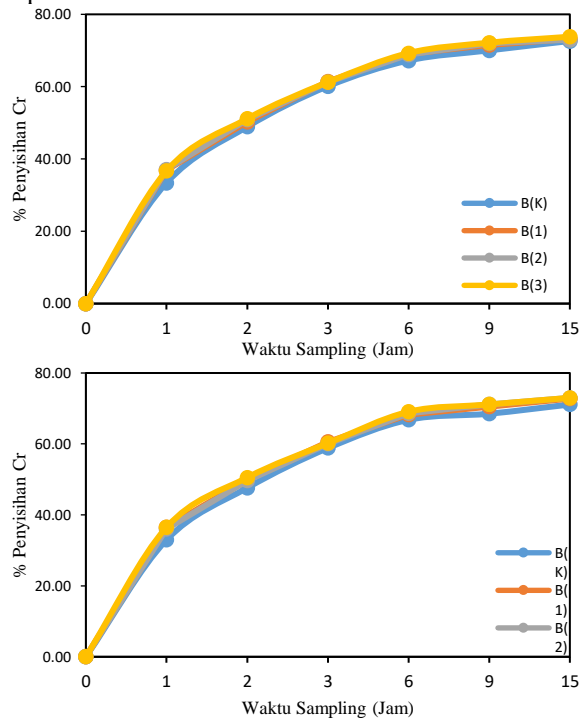
Tabel 3. Analisis Statistik Variasi Tabel dan Tukey Method dengan Nilai Kepercayaan 95%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Val	P-Val
Jenis Fotokatalis-1	2	36	17,85	0,05	0,95
Error	389	142301	365,81		
Total	391	142337			

Jenis Fotokatalis-1	N	Mean	Grouping
Tanpa Katalis	56	40,05	A
RIP-ZnO	168	39,68	A
RIP-TiO ₂	168	39,21	A

Kinerja Resin Immobilized Photocatalyst Dalam Menurunkan Konsentrasi Parameter Cr

Pencemar krom merupakan salah satu polutan yang menjadi perhatian karena logam ini digunakan secara luas dalam industri penyamakan kulit, pelapisan listrik, persiapan kromat bahkan dalam industri tekstil. Krom termasuk dalam zat yang bersifat toksik bagi badan air dan makhluk didalamnya. Dalam industri pelapisan logam hanya 15% krom yang digunakan, selebihnya menjadi bahan sisa. Elektron fotokatalitik menjadi peran utama dalam reduksi ion logam berat (Mphela et al., 2016). Penambahan dosis RIP-TiO₂ dan lama waktu kontak diketahui mampu meningkatkan persentase penyisihan ion logam berat dengan meningkatkan jumlah hole (h⁺) dan fotodegradasi ion logam berat yang terjadi saat elektron pita konduksi mengalami fotoeksitasi pada permukaan TiO₂.

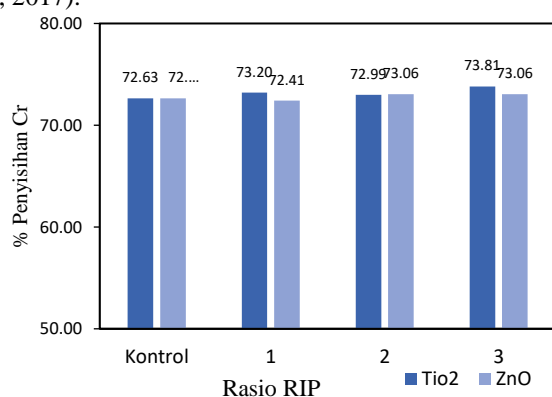


Gambar 5. Peningkatan Persentase Penyisihan Konsentrasi Cr dengan RIP-TiO₂ pada Dosis 15 gram (A) dan Dosis 5 gram (B)

Secara keseluruhan, penyisihan krom dalam limbah batik mengalami peningkatan sejalan dengan lamanya waktu kontak dengan air limbah. Penambahan dosis RIP-TiO₂ sebesar 15 gram dan lama waktu kontak selama 15 jam diketahui mampu

meningkatkan persentase penyisihan ion logam berat dengan meningkatkan jumlah *hole* dan fotodegradasi ion logam berat yang terjadi saat elektron pita konduksi mengalami fotoeksitasi pada permukaan TiO₂. Dari semua variasi rasio RIP-TiO₂ yang diberikan, RIP-TiO₂-2-3 memiliki persentase penyisihan logam krom tertinggi, diikuti RIP-TiO₂-2-1 dan RIP-TiO₂-2-2, RIP-TiO₂-2-2 memiliki persentase penyisihan paling kecil diakibatkan adanya penghambatan hamburan cahaya oleh RIP-TiO₂-2 itu sendiri dengan mengurangi penetrasi cahaya ke larutan. (Kajitvichyanukul & Changul, 2005).

Penyisihan krom dalam dosis 5 gram diketahui mengalami lonjakan persentase penyisihan yang cukup signifikan, namun pada variasi RIP-ZnO-2 persentase penyisihan logam krom sedikit mengalami penurunan, hal ini disebabkan adanya kompetensi ion dalam air limbah seperti ion klorida, sulfat, nitrat dan bikarbonat yang menempati *hole* untuk ion krom sehingga mengurangi kapasitas *hole* untuk reduksi ion krom dan menghasilkan penurunan efisiensi reduksi krom (Preethi dkk., 2017).



Gambar 6. Perbandingan Persentase Penyisihan Cr oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO dalam Limbah Batik

Persentase penyisihan logam krom dalam limbah batik oleh RIP-TiO₂ dan RIP-ZnO ditampilkan pada gambar 4.9, penyisihan logam krom dalam dosis 15 gram dan waktu sampling ke-15 jam diketahui menjadi persentase penyisihan paling tinggi untuk semua rasio RIP yang dijalankan. Dapat dilihat pada Gambar 5, penyisihan parameter logam krom dari semua rasio RIP yang diberikan, RIP-TiO₂ memiliki persentase penyisihan yang lebih besar dari RIP-ZnO dengan selisih yang tidak jauh berbeda. Dapat disimpulkan bahwa RIP-TiO₂ lebih baik dalam menyisihkan logam krom dikarenakan RIP-TiO₂ memiliki daya tahan fotokorosi yang lebih tinggi dari RIP-ZnO (Mphela et al., 2016).

Dari hasil interpretasi statistik Tukey's dengan menggunakan nilai alpha sebesar 0,05 diperoleh p-value = 0,938 yang artinya p-value > alpha atau H₀ gagal ditolak, dengan hasil p-value tersebut dinyatakan H₀ gagal ditolak, atau dikatakan rata-rata semua mean sama, yaitu semua jenis fotokatalis memiliki rata-rata persentase penyisihan Cr yang sama.

Tabel 4. Analisis Statistik Variasi Tabel dan Tukey Method dengan Nilai Kepercayaan 95%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Val	P-Val
Jenis Fotokatalis_1	2	76	37,85	0,06	0,938
Error	193	114339	592,43		
Total	195	114415			

Jenis Fotokatalis_1	N	Mean	Grouping
RIP-TiO ₂	84	51,47	A
RIP-ZnO	84	50,64	A
Tanpa Katalis	28	49,66	A

4. SIMPULAN

Simpulan yang diambil dari penelitian ini adalah komposisi resin immobilized photocatalyst TiO₂ dan ZnO yang optimum dalam mendegradasi polutan pada limbah batik dan tahu diidentifikasi pada rasio 3 dengan dosis 15 gram.

Secara umum resin immobilized photocatalyst TiO₂ dan ZnO memiliki kemampuan dalam mendegradasi polutan, namun dalam penelitian ini kemampuan RIP - TiO₂ dan ZnO tidak terlalu signifikan meskipun terjadi kenaikan nilai persentasenya, kemampuan resin immobilized photocatalyst TiO₂ dan ZnO tertinggi dalam penelitian ini pada rasio 3 dengan dosis 15 gram jam ke 15.

DAFTAR PUSTAKA

- Adusei-gyam, J. et al. (2019) 'Natural organic matter-cations complexation and its impact on water treatment : A critical review', 160, pp. 130–147. doi: 10.1016/j.watres.2019.05.064.
- Basuki, Adi Waskito. (2010). Penyisihan. Zat Organik Pada Limbah Industri. Batik Dengan Fotokatalis TiO₂. Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS.
- Bhatia, S. and Verma, N. (2017) 'Photocatalytic activity of ZnO nanoparticles with optimization of defects', *Materials Research Bulletin*, 95, pp. 468–476. doi: 10.1016/j.materresbull.2017.08.019.
- Caltran, I. et al. (2020). Impact of removal of natural organic matter from surface water by ion exchange: A case study of pilots in Belgium, United Kingdom and the Netherlands', *Separation and Purification Technology*, 247(December 2019), p. 116974. doi: 10.1016/j.seppur.2020.116974.
- Finkbeiner, P. et al. (2018). Understanding the potential for selective natural organic matter removal by ion exchange', *Water Research*, 146, pp. 256–263. doi: 10.1016/j.watres.2018.09.042.
- Han, F. et al. (2009). Tailored titanium dioxide photocatalysts for the degradation of organic dyes in wastewater treatment: A review', *Applied Catalysis A: General*, 53, pp. 115–129.
- Hidayah, E. N., Pachwarya, R. B. and Cahyonugroho, O. H. (2021). Immobilization of resin photocatalyst in removal of soluble effluent organic matter and potential for disinfection by-products', pp. 0–3.
- Hifdillah, Muhammad Hakiki; Damayati, Wisnu; Widodo, L. U. (2021). Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Rumput Laut Menggunakan Ion Exchange dalam Reaktor Fixed Bed', *Journal of Chemical and Process Engineering*, 2(2), pp. 63–69. doi: 10.33005/tekkim.v13i2.1413.
- Joshi, K. M. and Shrivastava, V. S. (2011). Photocatalytic degradation of Chromium (VI) from wastewater using nanomaterials like TiO₂, ZnO, and CdS', pp. 147–155. doi: 10.1007/s13204-011-0023-2.

- Kajitvichyanukul and Changul. (2005). Photocatalytic Removal Of Tri- and Hexa-Valent Chromium Ions From Chrome-Electroplating Wastewater. *AJSTD* Vol. 22 Issue 4 pp. 355-362
- Karimi-Maleh, H. *et al.* (2021). *Recent advances in removal techniques of Cr(VI) toxic ion from aqueous solution: A comprehensive review*, *Journal of Molecular Liquids*. doi: 10.1016/j.molliq.2020.115062.
- Lee, K. M. *et al.* (2016) 'Recent developments of zinc oxide based photocatalyst in water treatment technology: A review', *Water Research*, 88, pp. 428–448. doi: 10.1016/j.watres.2015.09.045.
- Lee, S.-Y. and Park, S. (2013) 'TiO₂ photocatalyst for water treatment applications', pp. 1–9. doi: 10.1016/j.jiec.2013.07.012.
- Li, Y. *et al.* (2017) 'Photocatalytic reduction behavior of hexavalent chromium on hydroxyl modified titanium dioxide', *Applied Catalysis B: Environmental*, 206, pp. 293–299. doi: 10.1016/j.apcatb.2017.01.044.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Mphela, R. K. *et al.* (2016) 'Photocatalytic Degradation of Salicylic Acid and Reduction of Cr(VI) using TiO₂. June
- Perwitasari, Dyah Suci. (2021). *Teknologi Penurunan Kadar Ion Logam Pada Limbah Cair Industri*. Jakarta. CV. Mitra Abisatya.
- Preethi, dkk. (2017). Photo-reduction of Cr(VI) using chitosan supported zinc oxide materials. *International Journal of Biological Macromolecules* 104.
- Rohman et al. 2018. Penurunan Kadar Amoniak Dan Fosfat Limbah Cair Tahu Secara Foto Katalitik Menggunakan TiO₂ Dan H₂O₂. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. Vol. 8, No.2. 87 -93.