

## **Kapasitas *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT) untuk Menurunkan Parameter Bod Limbah Cair Industri Tahu**

**Khusnul Khotimah Ayuningtiyas<sup>1</sup>, Euis Nurul Hidayah<sup>2</sup>, Aussie Amalia<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Email: <sup>1</sup>khusnulayu03khotimah@gmail.com, <sup>2</sup>euisnh.tl@upnjatim.ac.id, <sup>3</sup>aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

### **Abstract**

*Tofu liquid waste contains organic material, namely BOD which is quite high, if it is directly discharged into water bodies, it will reduce the carrying capacity of the environment. This causes the carrying capacity of the environment to decrease and ecosystem performance to become unbalanced, so that further processing is needed, namely Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT). In this study, the BOD reduction process was carried out with resin, photocatalyst, and immobilization. The process of immobilizing the catalyst against the resin aims to expand the surface and maintain photocatalyst activity. The type of catalyst used is ZnO and TiO<sub>2</sub>. After obtaining the RIP (Resin Immobilized Photocatalyst), then the RIP was added to the wastewater and the BOD concentration in the tofu wastewater was calculated. The resin capacity is calculated with the aim of knowing the ability of the resin to reduce the concentration of BOD. From the research that has been done, it can be concluded that the highest resin capacity when using ZnO catalyst is 0.3159 g/L and 0.2806 g/L using TiO<sub>2</sub>. The effluent parameter concentration is directly proportional to the resin capacity. As the sampling time increases, the resin's ability decreases.*

**Keywords:** Resin, immobilized, photocatalyst, tofu, BOD.

### **Abstrak**

Limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik, yaitu BOD yang cukup tinggi, jika langsung dibuang ke badan air, akan menurunkan daya dukung lingkungan. Hal tersebut menyebabkan daya dukung lingkungan menurun dan kinerja ekosistem akan tidak seimbang, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut yaitu *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT). Penelitian ini dilakukan proses penurunan BOD dengan resin, fotokatalis, dan imobilisasi. Proses imobilisasi katalis terhadap resin bertujuan untuk memperluas permukaan dan mempertahankan aktivitas fotokatalis. Jenis katalis yang digunakan yaitu ZnO dan TiO<sub>2</sub>. Setelah didapatkan RIP (*Resin Immobilized Photocatalyst*), maka RIP tersebut dimasukkan ke dalam air limbah dan dihitung konsentrasi BOD pada air limbah tahu. Dilakukan perhitungan kapasitas resin dengan tujuan mengetahui kemampuan resin dalam menurunkan konsentrasi BOD. Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kapasitas resin tertinggi saat menggunakan katalis ZnO sebesar 0.3159 g/L dan 0.2806 g/L menggunakan TiO<sub>2</sub>. Konsentrasi parameter limbah berbanding lurus dengan kapasitas resin. Semakin bertambahnya waktu sampling, kemampuan resin akan semakin menurun.

**Kata Kunci:** Resin, immobilized, fotokatalis, tahu, BOD.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tahu saat ini sangat pesat. Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun cair. Limbah cairnya dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Industri tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah dengan konsentrasi bahan organik tinggi dan di Indonesia terdapat banyak industri tahu berskala rumah tangga, sehingga masih menggunakan pengolahan yang sederhana. Kondisi tersebut diiringi dengan adanya sebagian industri tahu di Indonesia tidak memperhatikan tata letak pabrik dan sistem pembuangan limbahnya. Limbah industri tahu tersebut jika langsung dibuang ke dalam badan air dapat menyebabkan menurunnya daya dukung lingkungan pada perairan (Subekti, 2021).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan proses degradasi air limbah tahu dengan metode koagulasi flokulasi aluminium sulfat dan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  di dalam tanki pengaduk (Rizki, 2021). Akan tetapi, pada penelitian tersebut hanya menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dan efektifitas penurunan kadar pencemar organik sebesar 50%. Selain itu, telah dilakukan proses imobilisasi resin fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dengan bantuan sinar UV dan menghasilkan degradasi zat warna sebesar 73,78%.

Penelitian ini akan dilakukan proses penurunan konsentrasi parameter pencemar BOD pada limbah tahu dengan *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT). Katalis yang digunakan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  menggunakan bantuan sinar UV. Alasan digunakannya Titanium dioksida dan Seng oksida karena kedua katalis tersebut memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi, stabil terhadap penyinaran, dan tidak berbahaya. Sinar ultraviolet merupakan bagian gelombang elektromagnetik dari energi radiasi matahari pada pita 100-400 nm. Adanya sinar UV digunakan untuk membantu percepatan laju reaksi pada proses fotokatalis yang berlangsung dengan reaksi oksidasi (Hendrasari, 2016).

Fotokatalis dengan Titanium Dioksida didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang didasarkan pada pembentukan pasangan *electron-hole* ( $e^-/h^+$ ) pada permukaan semikonduktor, ketika semikonduktor terirradiasi sinar UV. Jika suatu semikonduktor dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi ( $vb$ ) akan pindah ke pita konduksi ( $cb$ ), dan meninggalkan lubang positif ( $h^+$ ) pada pita valensi, proses ini disebut eksitasi. Sebagian besar ( $e^-/h^+$ ) ini akan berkombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam bulk partikel, proses ini disebut de-eksitasi. Sedangkan sebagian lain dari ( $e^-/h^+$ ) dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya ( $h^+$ ) dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan di lain pihak ( $e^-$ ) akan menginisiasi reaksi reduksi bahan organik yang ada di sekitar permukaan semikonduktor (Basthoman, 2017).

Penelitian ini dilakukan penambahan resin sebagai material pendukung yang mengemban  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$ , sehingga bisa memperbesar luas permukaan katalis dan proses fotokatalis dapat berlangsung optimal serta parameter pencemar air limbah industri tahu mengalami penurunan maksimal. Resin merupakan senyawa hidrokarbon yang terpolimerisasi dan mengandung ikatan-ikatan hubungan silang (*cross-linking*) serta gugus yang mengandung ion-ion yang dapat ditukarkan (Lestari et al., 2012). Mekanisme penurunan bahan organik menggunakan resin pada prinsipnya terbagi menjadi 2, yaitu dengan pertukaran ion dan adsorpsi fisik. Pertukaran ion terjadi dengan

pelepasan ion lawan dari permukaan resin disertai dengan interaksi elektrostatis antara gugus fungsi ionik dari fase resin dan bahan organik. Sedangkan adsorpsi berlangsung dengan adanya interaksi antara polimer resin dengan bagian non-ionik bahan organik. Penelitian ini juga melakukan imobilisasi (penempelan) senyawa  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  ke dalam suatu resin yang bertujuan untuk mempertahankan aktifitas fotokatalis dari kedua katalis tersebut, sehingga bisa digunakan berulang kali walaupun tetap mempunyai masa aktif. Selain itu, imobilisasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  ke dalam resin juga bertujuan untuk meningkatkan aktifitas fotokatalisnya yaitu dengan memperbesar luas permukaan resin katalis sehingga fungsinya sebagai fotokatalis lebih optimal.

Setelah didapatkan hasil konsentrasi BOD menggunakan metode *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT) dari masing-masing katalis, selanjutnya menghitung kapasitas resin. Kapasitas merupakan kemampuan dari suatu proses reaksi maupun produksi dalam mengubah sumber daya atau kondisi menjadi aman dan bernilai. Sedangkan resin merupakan bahan campuran yang digunakan untuk mempengaruhi suatu reaksi proses, maka kapasitas resin jika didefinisikan secara operasional merupakan kemampuan bahan campuran (resin) dalam mempengaruhi suatu reaksi proses untuk menurunkan parameter pencemar, sehingga air limbah yang akan dialirkan ke lingkungan atau badan air menjadi aman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kapasitas resin dalam penurunan konsentrasi BOD menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$ , serta membandingkan dari hasil kedua kapasitas tersebut. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat digunakan sebagai pengolahan lanjutan untuk air limbah industri tahu yang dihasilkan sehingga tidak membahayakan lingkungan dan daya dukung lingkungan menjadi seimbang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Analisis BOD pada penelitian ini dilakukan dengan metode titrasi. Metode tersebut dilakukan dengan persiapan pembuatan air *seeding* selama 4 jam dan pembuatan blanko serta sampel. Melakukan pembuatan blanko dan sampel sebanyak masing-masing dua larutan pada botol winkler. Setelah kedua larutan tersebut dibuat, memasukkan larutan tersebut dalam *incubator* selama 5 hari dan dihitung konsentrasi BOD pada air limbah tahu. Penelitian utama berisi pembuatan RIPT, pengujian dalam reaktor, dan pengujian konsentrasi BOD. Pembuatan RIPT dilakukan dengan mempersiapkan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dengan masing-masing variasi berat. Mencampurkan katalis, aquades, dan resin dalam beaker glass, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pada proses ini terjadi penempelan senyawa katalis pada resin (imobilisasi). Setelah RIPT siap digunakan, dilakukan pencampuran ke dalam beaker glass berisi air limbah dan diaduk menggunakan *Jar Test* dengan metode *batch*. Melakukan pengambilan sampel dalam reaktor setiap variasi waktu sampling dan menganalisis konsentrasi BOD dengan metode titrasi.

## 2.2 Variabel Penelitian

### 2.2.1 Variabel Tetap

Variabel Tetap pada penelitian ini, yaitu: penggunaan lampu tungsten 50 watt digunakan untuk membantu penyinaran pada proses fotokatalis; Jenis katalis yang digunakan adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$ ; Air limbah industri tahu yang terletak di daerah Surabaya; dan Jenis resin yang digunakan adalah Resin Dowex. Keempat unsur variabel tersebut termasuk dalam variabel tetap karena tidak diubah-ubah atau dibuat sama selama proses penelitian berlangsung.

### 2.2.2 Variabel Perlakuan / Bebas :

Variabel bebas diartikan sebagai kondisi atau nilai yang jika muncul maka akan memunculkan (mengubah) kondisi atau nilai lainnya (Hasanah, 2019). Penelitian ini memiliki tiga variabel bebas, yaitu: variasi berat katalis (10 gr, 20 gr, 30 gr); variasi berat RIPT (5 gr, 10 gr, 15 gr); dan variasi waktu sampling yang dilakukan (0, 30, 60, 120, 180 menit).

### 2.2.3 Perhitungan Kapasitas Resin

Kapasitas resin penukar ion adalah bilangan yang menyatakan jumlah banyaknya ion yang dapat dipertukarkan untuk setiap 1 (satu) gram resin atau tiap milliliter. Kapasitas juga dinyatakan sebagai miliekuivalen per milliliter (meq/mL), yang sama dengan normal; miliekuivalen pergram kering (meq/g) dan kilograins per kaki kubik (kgr/ft<sup>3</sup>). Berikut ini merupakan rumus dari perhitungan kapasitas resin: (D. J. Flynn & Weeks, 2009)

$$\text{Kapasitas Resin } \left(\frac{g}{L}\right) = \frac{\text{Volume air yang diolah (L)} \times \text{Ion yang terikat resin (gpg)}}{\text{Berat resin (g)}} \quad (1)$$

Kapasitas resin dipengaruhi oleh volume air limbah yang diolah selama penelitian. Setiap penelitian yang dilakukan digunakan volume air limbah sebesar 1 L untuk satu kali *running*. Selain itu, kapasitas resin juga dipengaruhi oleh ion yang terikat pada resin dan berat resin yang digunakan. Berat resin yang digunakan selama penelitian memiliki beberapa variasi, yaitu 5 gr, 10 gr, dan 15 gr.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Karakteristik Air Limbah Tahu

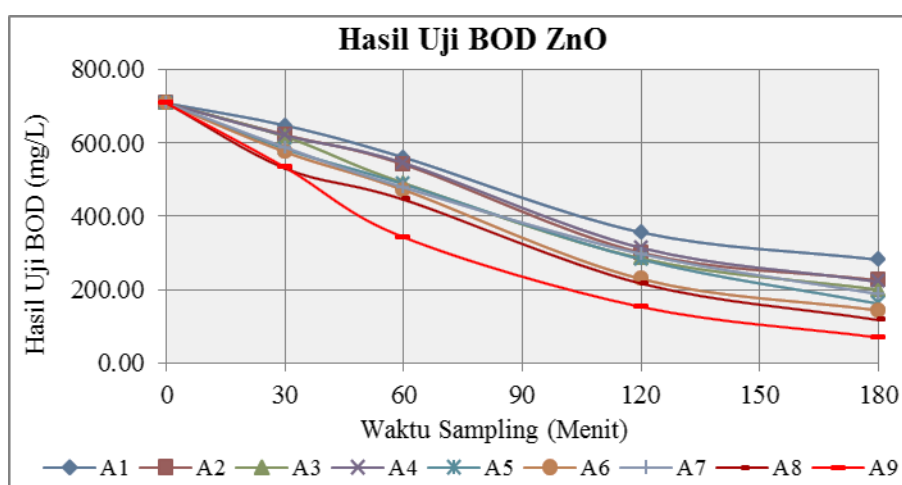
Hasil karakteristik (BOD) air limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan atau *treatment* pada salah satu industri di Surabaya, yaitu sebesar 707,97 mg/L, dimana dari hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil uji melebihi batas baku mutu. Baku mutu menyebutkan untuk batas maksimum BOD industri tahu sebesar 300 mg/L yang merujuk pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu adanya pengolahan lebih lanjut untuk air limbah industri tahu yang dihasilkan.

### 3.2 Pengaruh Kapasitas Resin dalam Menurunkan Parameter BOD

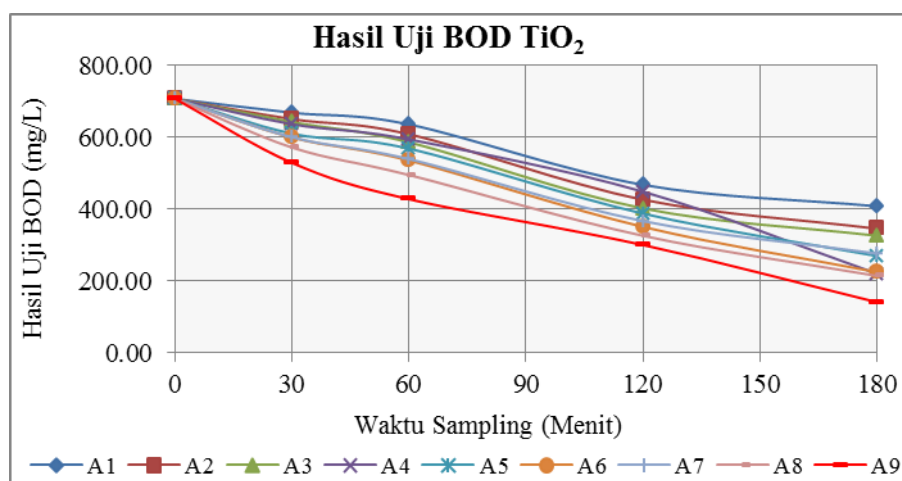
BOD merupakan suatu karakteristik dimana menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang mikroorganisme perlukan dalam mengurai atau mendekomposisi bahan-bahan organik dalam kondisi yang aerobik. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang *biodegradable*. (Hariyadi, 2004).

Apabila didalam perairan banyak mengandung parameter organik, jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk memecah bahan organik tersebut akan tinggi, dan ini menandakan angka BOD tinggi. Konsentrasi BOD dalam perairan tinggi maka oksigen terlarut dalam perairan tersebut rendah, hal ini dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota yang ada dalam perairan tersebut. Proses oksidasi bahan organik membutuhkan waktu yang relatif lama. Proses oksidasi ini membutuhkan waktu hingga 20 hari, namun penentuan BOD selama 20 hari dianggapnya terlalu lama. Penentuan BOD ditetapkan selama 5 hari, dan selama 5 hari masa inkubasi tersebut diperkirakan 70-80% bahan organik mengalami oksidasi. (Cahya, 2018).

Analisis parameter BOD dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil pengujian konsentrasi parameter BOD dapat mempengaruhi hasil kapasitas resin yang akan diperhitungkan. Berikut ini merupakan grafik data karakteristik dan kapasitas resin BOD menggunakan katalis ZnO dan TiO<sub>2</sub> :



Gambar 1 Grafik Hasil Uji BOD dengan Menggunakan ZnO

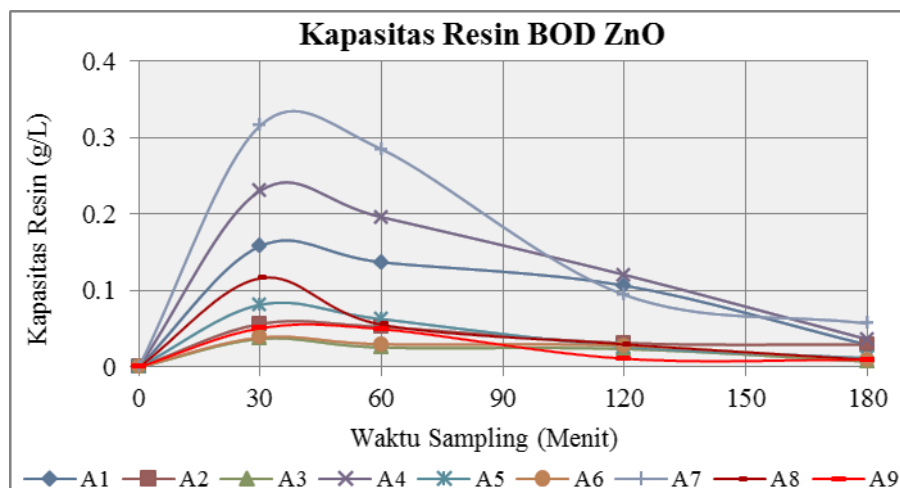


Gambar 2 Grafik Hasil BOD dengan Menggunakan TiO<sub>2</sub>

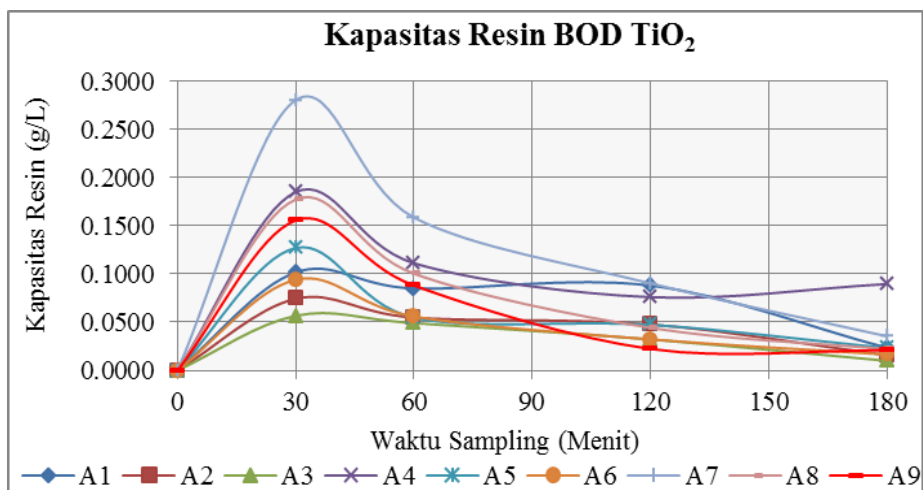
Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan grafik hasil pengujian BOD menggunakan katalis ZnO dan TiO<sub>2</sub>. Gambar tersebut memiliki pola menurun. Setiap pertambahan waktu sampling, konsentrasi parameter BOD juga semakin terdegradasi. Diketahui

konsentrasi parameter BOD menggunakan katalis ZnO terendah sebesar 69.41 mg/L. Sedangkan konsentrasi parameter BOD terendah menggunakan katalis TiO<sub>2</sub> sebesar 141.91 mg/L. Hasil dari kedua konsentrasi BOD tersebut berada di A9, pada perlakuan volume katalis 30 gr dengan berat RIP 15gr dan waktu sampling 180 menit.

Semakin banyak dosis *Resin Immobilized Photocatalyst* yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa organik yang terurai. Banyaknya dosis dan lamanya waktu kontak dengan air limbah menunjukkan oksigen teradsorpsi pada permukaan menghasilkan radikal hidroksil yang bertanggungjawab atas degradasi yang efisien dari polutan (Bhatia & Verma, 2017).



Gambar 3 Grafik Kapasitas Resin BOD dengan Menggunakan ZnO



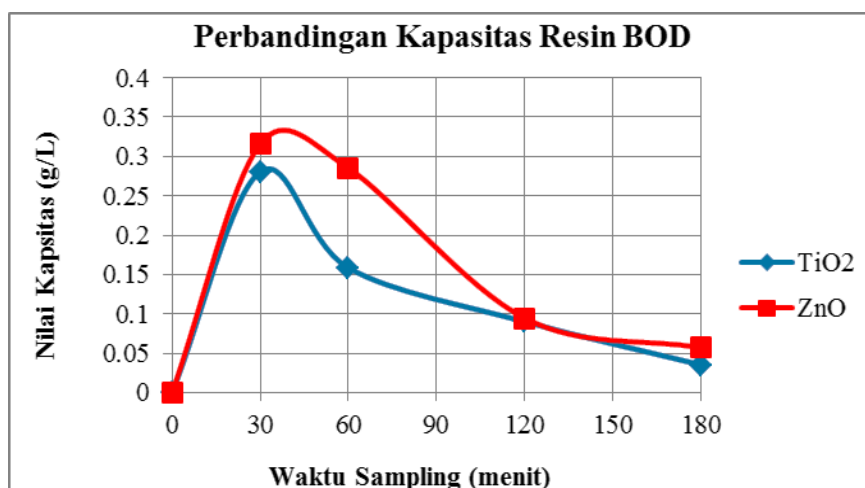
Gambar 4 Grafik Kapasitas Resin BOD dengan Menggunakan TiO<sub>2</sub>

Gambar 3 dan Gambar 4 menggambarkan nilai kapasitas resin berdasarkan waktu sampling. Setiap garisnya memiliki volume katalis dan RIPT yang berbeda. Grafik tersebut dapat diketahui bahwa setiap bertambahnya waktu sampling, nilai kapasitas akan mengalami penurunan. Dari kedua hasil pengujian menggunakan katalis yang berbeda tersebut, didapatkan garis A7 memiliki kapasitas yang paling besar.

Garis A7 merupakan kode dari keadaan penggunaan volume katalis 30gr dan RIPT 5gr. Nilai kapasitas tertingginya yaitu 0.2806 g/L menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan 0.3159 g/L menggunakan katalis  $\text{ZnO}$ . Hal ini dikarenakan kapasitas resin dipengaruhi oleh penurunan konsentrasi parameter BOD awal dan akhir. Jika penurunan setiap waktunya konsisten, tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu sedikit, maka hasilnya akan baik. Selain itu juga dipengaruhi jumlah berat resin yang digunakan dan waktu sampling saat pelaksanaan penelitian. Semakin lama berjalannya waktu penggunaan resin penukar ion, kemampuan tukar resin penukar ion semakin berkurang dan lama kelamaan tidak mampu lagi mempertukarkan ion-ion pengotor didalam air dengan  $\text{H}^+$  maupun  $\text{OH}^-$  dari resin penukar ion (Lestari et al., 2012).

### 3.3 Perbandingan Kapasitas Resin BOD Menggunakan $\text{TiO}_2$ dan $\text{ZnO}$

Nilai kapasitas resin BOD yang telah diketahui di atas, didapatkan hasil yang efektif yaitu saat menunjukkan nilai kapasitas tertinggi pada penggunaan berat katalis 30gr dan RIPT 5gr. Grafik data perbandingan kapasitas resin BOD menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dengan kondisi penggunaan berat katalis 30gr dan RIPT 5 gr dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5 Grafik Perbandingan Kapasitas Resin BOD

Gambar grafik di atas memiliki dua garis yang menggambarkan nilai kapasitas resin dari kedua katalis. Kedua garis tersebut memiliki perbedaan yang tidak terlalu tinggi. Setiap adanya pertambahan waktu sampling, keduanya juga terus mengalami penurunan. Nilai kapasitas resin yang besar atau mencapai puncak, yaitu pada saat menggunakan katalis  $\text{ZnO}$ . Nilai kapasitas resin  $\text{ZnO}$  tertinggi sebesar 0.3159 g/L.

Rumus yang digunakan pada perhitungan kapasitas resin, diketahui bahwa konsentrasi parameter limbah sangat berpengaruh untuk hasil yang akan didapatkan. Seperti yang telah diketahui di atas, pada penurunan konsentrasi BOD, didapatkan konsentrasi terendah sebesar 141.91 mg/L menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan 69.41 mg/L menggunakan katalis  $\text{ZnO}$ . Dari hasil tersebut, menggambarkan penurunan parameter BOD paling efektif berada pada katalis  $\text{ZnO}$ . Begitu juga dengan nilai kapasitas resin efektif. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa RIPT  $\text{ZnO}$  dapat melakukan penyerapan senyawa dan memiliki aktifitas fotokatalis lebih optimal (Hidayah et al., 2021).

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas resin dalam menurunkan konsentrasi BOD memiliki nilai tertinggi sebesar 0.3159 g/L saat menggunakan katalis ZnO dan sebanyak 0.2806 g/L saat menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>. Sedangkan hasil kapasitas resin terendah dalam menurunkan konsentrasi BOD yaitu, 0.0074 g/L menggunakan katalis ZnO dan 0.01 g/L menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>. Hal tersebut menunjukkan bahwa kapasitas resin berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD air limbah tahu. Kapasitas resin berbanding lurus dengan konsentrasi parameter pencemar. Semakin rendah konsentrasi BOD, maka kapasitas resin juga akan rendah. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya waktu sampling mendekati waktu jenuh, maka kemampuan resin dalam mendegradasi polutan akan semakin menurun
2. Dalam penurunan konsentrasi BOD dan COD, kapasitas resin menggunakan katalis ZnO lebih efektif dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>

#### REFERENCES

- Basthonian, M. Y. Al. (2017). *Degradasi Senyawa Organik Pada Limbah Batik Dengan Proses Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dan Sinar UV*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Bhatia, S., & Verma, N. (2017). Photocatalytic activity of ZnO nanoparticles with optimization of defects. *Materials Research Bulletin*, 95, 468–476. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2017.08.019>
- Cahya, K. I. (2018). *Penurunan Kandungan Organik Pada Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Menggunakan Metode Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dan Sinar UV*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Flynn, D. J., & Weeks, J. (2009). *The Nalco Water Handbook* (J. D. Flynn (ed.); Third). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hariyadi, S. (2004). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Sigid Hariyadi. *Falsafah Sains*, 1(1), 1–12.
- Hasanah, M. (2019). *Pemilihan Jumlah Kategori Terbaik Pada Model Rough-Regresi Berdasarkan Mean Square Error (Studi Kasus: Tiga Variabel Bebas Numerik)*. <http://repository.uin-suska.ac.id/24233/>
- Hendrasari, R. S. (2016). Kajian Penurunan Kadar BOD Limbah Cair Tahu Pada Berbagai Variasi Aliran. *Semesta Teknika*, 19(1), 26–36.
- Hidayah, E. N., Pachwarya, R. B., & Cahyonugroho, O. (2021). *Immobilization of resin photocatalyst in removal of soluble effluent organic matter and potential for disinfection by-products*. 0–3.
- Lestari, D., Utomo, S. B., & Harsono. (2012). *Analisis Kemampuan Resin Penukar Ion*.
- Rizki, E. ; T. A. (2021). Degradasi Limbah Tahu Dengan Koagulasi. *EnviroUs*, 2, 56–60.
- Subekti, S. (2021). Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. *Sains Dan Teknologi*, 1, 1–6.