

Kinetika Reaksi Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT) TiO_2 Sebagai Bahan Alternatif Pengolahan Limbah Cair Tahu

Anisa Amelia Atmadani¹, Euis Nurul Hidayah²

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: ¹anissaamelia727@gmail.com, ²euisnh.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

Liquid waste from the tofu industry contains a lot of organic matter, the high content of this organic material will result in high BOD and COD values in the waters and can have a bad impact if not handled properly. One alternative that is commonly used to overcome this problem is to use a photocatalyst degradation method. This study aims to determine the reaction kinetics which includes the determination of the reaction rate constant and the reaction order in removing the COD content of the resin-immobilized TiO_2 photocatalyst. This study presents the reaction kinetics of RIPT with catalyst, TiO_2 , catalyst mass (10gr, 20gr, 30gr), and RIPT mass (5gr, 10gr, 15gr). This research was conducted by making immobilized TiO_2 photocatalyst resin and then entering 1000 ml of tofu industrial waste and the obtained RIPT-resin into the reactor in which stirring occurred using a test jar. Based on the results of the study, the best value for the reaction rate constant was obtained by the mass variation of RIPT (15gr). Meanwhile, the best value constant of reaction rate was obtained by mass variation of 30 gram TiO_2 catalyst, with the result that the reaction rate constant value of RIPT- and RIPT- TiO_2 30 grams was $0.0101 \text{ minute}^{-1}$.

Keywords: COD, Photocatalyst, Resin, RIPT

Abstrak

Limbah cair dari industri tahu memiliki banyak kandungan bahan organik, tingginya kandungan dari bahan organik ini akan mengakibatkan tingginya nilai BOD dan COD dalam perairan dan dapat berdampak buruk jika tidak segera ditanggulangi dengan benar. Salah satu alternatif yang umum digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode degradasi fotokatalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika reaksi yang meliputi penentuan konstanta laju reaksi dan orde reaksi dalam menyisihkan kandungan COD pada fotokatalis TiO_2 yang diimobilisasi resin. Penelitian ini menyajikan kinetika reaksi RIPT dengan katalis, TiO_2 , massa katalis (10gr, 20gr, 30gr), dan massa RIPT (5gr, 10gr, 15gr). Penelitian ini dilakukan dengan membuat resin imobilisasi fotokatalis TiO_2 lalu memasukkan Limbah industri tahu sebanyak 1000 ml dan resin-RIPT yang telah didapatkan ke dalam reaktor yang didalamnya terjadi pengadukan dengan menggunakan jar tes. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai konstanta laju reaksi yang terbaik diperoleh oleh variasi massa RIPT (15gr). Sedangkan nilai konstanta dari laju reaksi yang terbaik didapatkan oleh variasi massa katalis TiO_2 30 gram, dengan hasil nilai konstanta laju reaksi dari RIPT- dan RIPT- TiO_2 30 gram sebesar $0,0101 \text{ menit}^{-1}$.

Kata Kunci: COD, Fotokatalis, Resin, RIPT

1. PENDAHULUAN

Limbah cair industri tahu memiliki kandungan zat organik yang besar. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu

mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Savira & Suharsono, 2013). Nilai COD atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan banyak oksigen yang diperlukan untuk dapat melakukan oksidasi terhadap zat yang dibuang ke dalam perairan melalui reaksi kimiawi atau memiliki penjelasan lain yaitu jumlah dari oksigen yang diperlukan untuk mengubah zat organik menjadi CO₂ dan H₂O dengan proses oksidasi. COD adalah suatu parameter yang digunakan dalam mendeteksi tingkat dari pencemaran suatu perairan. Jika nilai COD besar, maka dapat diketahui bahwa kualitas air didalamnya juga buruk. (Andara et al., 2014).

Teknik pengolahan air limbah yang ada seperti flokulasi, koagulasi, *reverse osmosis*, dan filtrasi gagal untuk mengatasi semua jenis masalah pencemaran air khususnya pencemaran air karena polutan organik. Teknik yang ada tidak mampu menghilangkan semua polutan organik yang larut dalam air sepenuhnya. Oleh karena itu, untuk menghilangkan kontaminan secara efektif masih memerlukan teknologi yang lebih maju dengan tarif harga yang lebih sedikit serta waktu yang lebih sedikit pula (Yahya et al., 2018). Salah satu alternatif yang umum dipakai dalam menangani masalah tersebut yaitu dengan memakai metode degradasi fotokatalis karena fotokatalis dapat mendegradasi polutan organik.

Penelitian ini dilakukan proses immobilisasi fotokatalis TiO₂ kedalam resin penukar anion. Pertukaran ion dengan menggunakan teknologi resin yang dikategorikan dalam teknik fisik merupakan salah satu pilihan alternatif yang menjanjikan untuk menghilangkan polutan karena kesederhanaannya, tidak terpengaruh oleh toksisitas, efisiensi, dan murah (Cornelissen et al., 2008).

Resin adalah suatu senyawa hidrokarbon terpolimerasi serta memiliki kandungan ikatan hubungan silang atau disebut juga *cross linking* dan juga gugus yang memiliki kandungan ion yang bisa ditukar (Lestari & Utomo, 2007). Resin yang dipakai dalam penelitian kali ini yaitu resin penukar anion dengan merk bernama *dowex* yang memiliki suhu optimum sebesar 200°C, resin akan terurai jika berada di atas suhu tersebut. Fotokatalisis adalah suatu reaksi perpaduan fotokimia dan katalis. Fotokatalis merupakan suatu material semikonduktor yang memiliki keunggulan baik sifat fisika maupun kimia. Umumnya semikonduktor dapat mempercepat proses fotodegradasi. Performa yang dimiliki semikonduktor tersebut berbeda-beda tergantung pada metode sintesis yang berpengaruh pada ukuran partikel, kristalisasi, kemurnian, serta komposisi fasa. Beberapa material fotokatalis yang biasanya digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu TiO₂ dengan bantuan sinar UV dapat mempercepat proses degradasi (Sucahya et al., 2016).

Fotokatalis TiO₂ adalah semikonduktor yang mempunyai beberapa keunggulan, utamanya untuk aplikasi produksi hidrogen. Selain itu TiO₂ mempunyai kestabilan yang tinggi, tahan dengan korosi, kelimpahannya di alam, serta harganya yang murah. TiO₂ juga cocok untuk *water-splitting* karena memenuhi syarat, yaitu posisi pita konduksi dan pita valensi tertentu agar dapat terjadi pembentukan hidrogen dan oksigen dari air (Radecka et al., 2008). Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas TiO₂ sebagai fotokatalis adalah bentuk kristalnya (Tjahjanto & Gunlazuardi, 2014). Katalis TiO₂ memiliki 3 jenis struktur kristal yaitu anatase, rutil, dan brookite.

Penelitian ini akan dilakukan immobilisasi senyawa TiO₂ dalam bentuk anorganik serta organik pada suatu resin. Hal itu dilakukan untuk dapat mempertahankan aktifitas dari fotokatalis TiO₂ tersebut sehingga TiO₂ dapat digunakan terus menerus, meskipun masih memiliki masa aktif. Selain itu, perlakuan immobilisasi TiO₂ ke dalam

resin ini memiliki tujuan supaya dapat meningkatkan aktifitas dari fotokatalisnya. Maksud dari kinetika ini merujuk terhadap laju reaksi yang merupakan perubahan dari konsentrasi reaktan atau dengan kata lain produk terhadap waktu (M/s) (Putri, 2014). Kecepatan atau laju ini memberitahukan suatu hal yang terjadi tiap satuan waktunya. Hal yang terjadi pada kimia merupakan perubahan dari jumlah pereaksi serta hasil reaksinya. Perubahan tersebut umumnya dinyatakan dalam perubahan konsentrasi molar (Petrucchi, 1987:175). Sesuai dengan latar belakang di atas, dengan ini maka peneliti ingin melakukan penelitian terkait kinetika reaksi penyisihan pada proses yaitu dengan mengidentifikasi laju reaksi. Pengidentifikasian laju reaksi ini dilakukan dengan pengaplikasian data hasil dari penelitian menjadi kinetika empiris. Hal ini bertujuan untuk dapat menemukan laju reaksi serta orde reaksi ketika proses dari penyisihan polutan. Melalui metode ini bermaksud agar dapat diketahui gambaran terkait laju reaksi dari penyisihan polutan organik pada limbah cair tahu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Lingkungan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur selama 4 bulan tepatnya bulan februari hingga bulan mei.

2.1 Alat dan Bahan :

Alat

- Magnetic Stirrer
- Jar Test
- Lampu UV

Bahan

- Limbah tahu
- Katalis TiO_2
- Resin

2.2 Cara Kerja :

- Sebelumnya dilakukan persiapan alat dan bahan sebelum melakukan penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan pengambilan sampel limbah serta pengujian awal karakteristik limbah cair industri tahu yaitu dengan menguji kadar COD.
- Proses pertama yang dilakukan adalah dengan membuat resin imobilisasi fotokatalis TiO_2 . Proses ini dilakukan sebanyak jumlah variasi massa katalis yang digunakan yaitu 10 gr, 20 gr, dan 30 gr.
- Limbah industri tahu sebanyak 1000 ml dan RIPT- TiO_2 yang telah didapatkan dari proses sebelumnya dimasukkan ke dalam reaktor dengan berat RIPT yang berbeda yaitu 5 gr, 10 gr, dan 15 gr. Didalam reaktor ini juga terjadi pengadukan dengan menggunakan jar tes. Pada proses ini juga memanfaatkan empat lampu UV dan semua percobaan dilakukan pada suhu kamar dengan penyesuaian pH sekitar 7 (Pachwarya dan Meena, 2011).

2.3 Variabel

1. Variabel Tetap

Variabel tetap dari penelitian ini adalah:

- Jenis katalis yang digunakan TiO_2 .
- Jenis air limbah yang digunakan dari industri tahu.
- Menggunakan resin dowex.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- Variasi berat katalis TiO₂ : 10 gr ; 20 gr ; 30 gr
- Variasi berat resin imobilisasi fotokatalis (RIPT) : 5 gr ; 10 gr ; 15 gr

3. Matriks Penelitian

Tabel 1. Matriks Penelitian Katalis TiO₂

MATRIKS PENELITIAN		
JENIS KATALIS	RASIO RIPT (P : W : R)	JUMLAH RESIN DALAM BATCH (Gram)
TiO ₂	10 : 1000 : 40	5
		10
		15
	20 : 1000 : 40	5
		10
		15
	30 : 1000 : 40	5
		10
		15

2.4 Parameter Uji

Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD)

2.5 Analisis Data

Selanjutnya pengumpulan data penelitian dan substitusi data kedalam rumus. Data yang digunakan untuk menentukan laju reaksi berupa data konsentrasi pada proses uji *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT) dengan menggunakan katalis TiO untuk mendegradasi parameter COD. Data tersebut yang akan dipakai untuk mencari nilai dari laju reaksi dalam bentuk orde reaksi dan konstanta laju reaksi. Metode yang dilakukan yaitu dengan melakukan analisa grafik dengan cara mengeplotkan nilai perubahan konsentrasi terhadap waktu ke persamaan garis linier $y = mx + b$. Dalam penelitian ini menggunakan analisa orde reaksi nol, orde reaksi satu, dan orde reaksi dua, dengan rumus persamaan sebagai berikut :

- Orde reaksi nol ($n = 0$)
 Nilai perubahan konsentrasi terhadap waktu $C = -kt + C_0$
- Orde reaksi satu ($n = 1$)
 Nilai perubahan konsentrasi terhadap waktu $\ln C = -kt + \ln C_0$
- Orde reaksi dua ($n = 2$)
 Nilai perubahan konsentrasi terhadap waktu $\frac{1}{C} = kt + \frac{1}{C_0}$

Sumber : (Levenspiel, 2008)

Berikutnya adalah pengaplikasian grafik linerisasi dari nilai persamaan kinetika yang sudah didapat, hal ini dilakukan agar menemukan nilai regresi linear (R^2). Nilai regresi linear pada grafik menunjukkan kesamaan antara persamaan kinetika dengan kinerja RIPT dalam degradasi COD dan sebagai penentu nilai orde reaksi. Jika nilai R^2 besar

atau maksimal mendekati 1, maka dapat diketahui bahwa proses tersebut mempunyai kesamaan dengan persamaan kinetika (Hamid, 2020).

Pada persoalan ini orde suatu reaksi merupakan jumlah keseluruhan eksponen dari konsentrasi dalam persamaan laju. Selain itu orde reaksi juga menunjukkan besar dari pengaruh konsentrasi reaktan atau disebut juga pereaksi terhadap laju reaksi. Persamaan kinetika ini yang kemudian akan dijadikan patokan untuk mendapatkan nilai dari tetapan laju reaksi (k). Adapun nilai k merupakan tetapan laju yang spesifik untuk reaksi tertentu serta didapatkan dari percobaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Konstanta Laju Reaksi Katalis TiO₂ 10 gram

Data penyisihan parameter COD pada air limbah industri tahu yang telah diproses didapatkan hasil kinetika reaksi sebagai berikut:

Tabel 2. Kinetika reaksi Katalis TiO₂ 10 gram

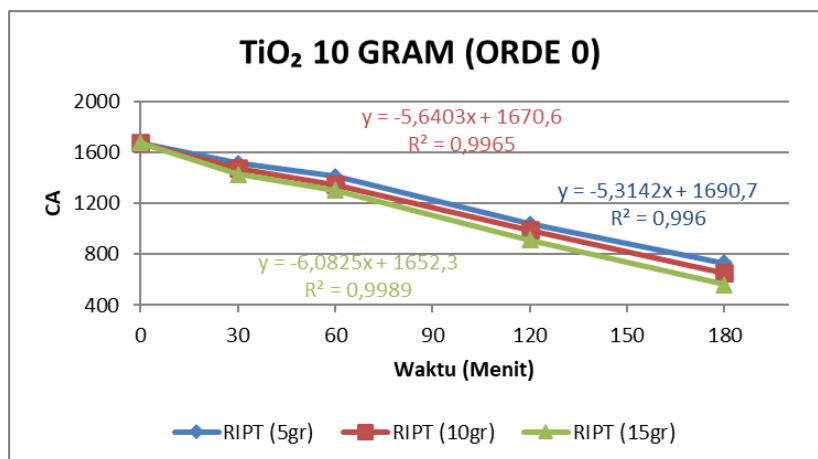
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	R ²		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
10	5	0,996	0,9805	0,9447
	10	0,9965	0,982	0,9361
	15	0,9989	0,9807	0,9256
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	Tetapan Laju Reaksi (k)		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
10	5	5,3142	0,0052	0,000004
	10	5,6403	0,0052	0,000005
	15	6,0825	0,006	0,000006

Sesuai dengan Tabel 1. kinetika dari nilai regresi serta konstanta dari laju reaksi dapat dicari. Hasil RIPT (5gr) orde reaksi 0 dengan nilai regresi linear (R² mendekati 1) yang paling linear yaitu sebesar 0,9960 dengan konstanta laju reaksi sebesar 5,3142 mol. menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) orde reaksi 0 dengan nilai regresi linear (R²) yang paling linear yaitu sebesar 0,9965 dengan konstanta laju reaksi sebesar 5,3142 mol. menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) yang mempunyai nilai regresi yang jika dibanding sebelumnya memiliki nilai lebih mendekati 1, artinya persamaannya lebih linear. Hasil RIPT (15gr) dengan nilai regresi linear (R²) yang paling linear adalah orde reaksi 0 yaitu sebesar 0,9989 dengan konstanta laju reaksi sebesar 6,0825 mol. menit⁻¹. Nilai konstanta laju reaksi pada RIPT (15gr) adalah nilai konstanta laju reaksi yang paling tinggi, hal itu dapat diketahui dari proses, sehingga proses pada RIPT (15gr) ini berjalan paling paling baik dibanding dengan RIPT (5gr) dan RIPT (10gr). Proses dikatakan paling baik dengan dibuktikan dari persen penyisihan parameter COD pada RIPT (15gr) sebesar 66,42 %.. Setiap RIPT memiliki perbedaan nilai konstanta laju reaksi. Jika RIPT besar maka nilai dari konstanta juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh gradien penyisihan konsentrasi pada RIPT (15gr) berubah dari 1677,67 mg/L menjadi 563,34 mg/L. Jika perbedaan penyisihan konsentrasi besar, maka konstanta laju reaksinya juga akan terus membesar karena itu laju reaksi pun juga akan terus membesar.

Sehingga bisa ditentukan persamaan laju reaksi untuk penyisihan parameter COD dari data yang sudah dipilih yaitu

$$-\frac{dC_A}{dt} = k = 6,0825 \text{ mol. menit}^{-1} (1)$$

Dibawah ini merupakan grafik dari hasil linearisasi terkait persamaan dari laju reaksi yang mengarah ke 1 atau paling linear.



Gambar 1. Grafik linearisasi persamaan laju reaksi TiO₂ 10 gram Grafik gambar 1. menunjukkan grafik linearisasi untuk penyisihan COD dalam RIPT TiO₂ 10 gram pada orde reaksi nol. Diketahui bahwa RIPT (15gr) memiliki nilai regresi linear (R²) yang paling tinggi yaitu 0,9989.

Suatu reaksi kimia dapat dibilang memiliki orde nol, jika besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi konsentrasi pereaksi (Mon et al., 2012). Maksud dari pernyataan tersebut adalah seberapa pun konsentrasi yang makin tinggi tidak akan mempengaruhi ketinggian laju reaksi. Nilai konstanta laju reaksi pada tiap RIPT menunjukkan perbedaan, semakin tinggi RIPT maka nilai dari konstanta laju reaksi akan semakin tinggi. RIPT (15gr) mempunyai nilai konstanta yang paling besar yaitu 6,0825 mol menit⁻¹. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah RIPT memungkinkan semakin banyak pula tumbukan efektif yang terjadi. Katalis TiO₂ yang diimobilisasi kedalam resin akan memperluas permukaan fotokatalis. Permukaan yang lebih luas memungkinkan semakin banyak tumbukan yang terjadi, sehingga dapat mempengaruhi nilai konsentrasi (Hamid, 2020).

B. Identifikasi Konstanta Laju Reaksi Katalis TiO₂ 20 gram

Data penyisihan parameter COD pada air limbah industri tahu yang telah diproses maka didapatkan hasil kinetika reaksi sebagai berikut:

Tabel 2. Kinetika reaksi Katalis TiO₂ 20 gram

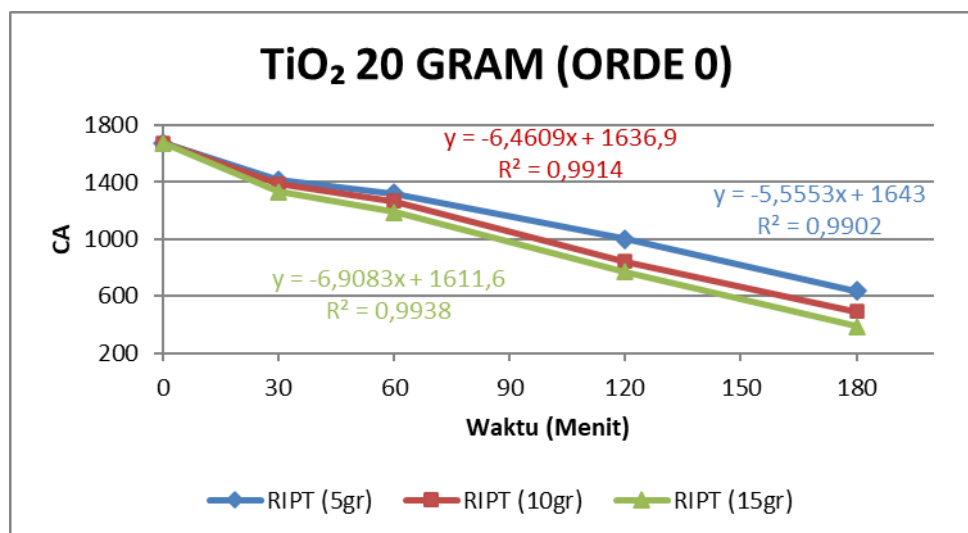
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	R ²		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
20	5	0,9902	0,8927	0,7883
	10	0,9914	0,9802	0,9168
	15	0,9938	0,9744	0,8882
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	Tetapan Laju Reaksi (k)		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
20	5	5,5553	0,0075	0,00001
	10	6,4609	0,0067	0,000008
	15	6,9083	0,0079	0,00001

Sesuai dengan Tabel 2. kinetika dari nilai regresi serta konstanta dari laju reaksi bisa diketahui. Pada RIPT (5gr) orde reaksi 0 dengan nilai regresi linear (R^2 mendekati 1) yang paling linear yaitu sebesar 0,9902 dengan konstanta laju reaksi sebesar 5,5553 mol menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) orde reaksi 0 dengan nilai regresi linear (R^2) yang paling linear yaitu sebesar 0,9914 dengan konstanta laju reaksi sebesar 5,3142 mol menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) yg mempunyai nilai regresi yang jika dibanding sebelumnya lebih mendekati 1, artinya persamaannya lebih linear. Hasil RIPT (15gr) dengan nilai regresi linear (R^2) yang paling linear adalah orde reaksi 0 yaitu sebesar 0,9938 dengan konstanta laju reaksi sebesar 6,9083 mol menit⁻¹. Nilai konstanta laju reaksi pada RIPT (15gr) adalah nilai konstanta laju reaksi yang paling tinggi, hal itu dapat diketahui dari proses artinya proses pada RIPT (15gr) ini berjalan paling paling baik dibanding dengan RIPT (5gr) dan RIPT (10gr). Proses dikatakan paling baik dengan dibuktikan dari persen penyisihan parameter COD pada RIPT (15gr) sebesar 76,84 %. Setiap RIPT memiliki perbedaan nilai konstanta laju reaksi. Jika RIPT besar maka nilai dari konstanta juga semakin besar. Dikarenakan gradien penyisihan konsentrasi pada RIPT (15gr) yang paling tinggi dari 1677,67 mg/L menjadi 388,51 mg/L. Jika perbedaan penyisihan konsentrasi besar, maka konstanta laju reaksinya juga akan terus membesar karena itu laju reaksi pun juga akan terus membesar.

Sehingga bisa ditentukan persamaan laju reaksi untuk penyisihan parameter COD dari data yang sudah dipilih yaitu

$$-\frac{dC_A}{dt} = k = 6,9083 \text{ mol menit}^{-1}(2)$$

Dibawah ini merupakan grafik hasil linearisasi untuk persamaan laju reaksi yang mengarah ke 1 atau paling linear.



Gambar 2. Grafik linearisasi persamaan laju reaksi TiO₂ 20 gram

Grafik pada gambar 2. menunjukkan grafik linearisasi untuk penyisihan COD dalam RIPT TiO₂ 20 gram pada orde reaksi nol. Diketahui bahwa RIPT (15gr) memiliki nilai regresi linear (R^2) yang paling tinggi yaitu 0,9938.

Suatu reaksi kimia dapat dibilang memiliki orde nol, jika besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi konsentrasi pereaksi (Mon et al., 2012). Maksud dari pernyataan tersebut adalah sebarang konsentrasi yang makin tinggi tidak akan mempengaruhi ketinggian laju reaksi. Nilai konstanta laju reaksi pada tiap RIPT menunjukkan perbedaan, semakin

tinggi RIPT maka nilai dari konstanta laju reaksi akan semakin tinggi. RIPT (15gr) mempunyai nilai konstanta yang paling besar yaitu 6,9083 mol menit⁻¹. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah RIPT memungkinkan semakin banyak pula tumbukan efektif yang terjadi. Katalis TiO₂ yang diimobilisasi kedalam resin akan memperluas permukaan fotokatalis. Permukaan yang lebih luas memungkinkan semakin banyak tumbukan yang terjadi, sehingga dapat mempengaruhi nilai konsentrasi (Hamid, 2020).

C. Identifikasi Konstanta Laju Reaksi Katalis TiO₂ 30 gram

Data penyisihan parameter COD pada air limbah industri tahu yang telah diproses maka didapatkan hasil kinetika reaksi sebagai berikut:

Tabel 3. Kinetika reaksi Katalis TiO₂ 30 gram

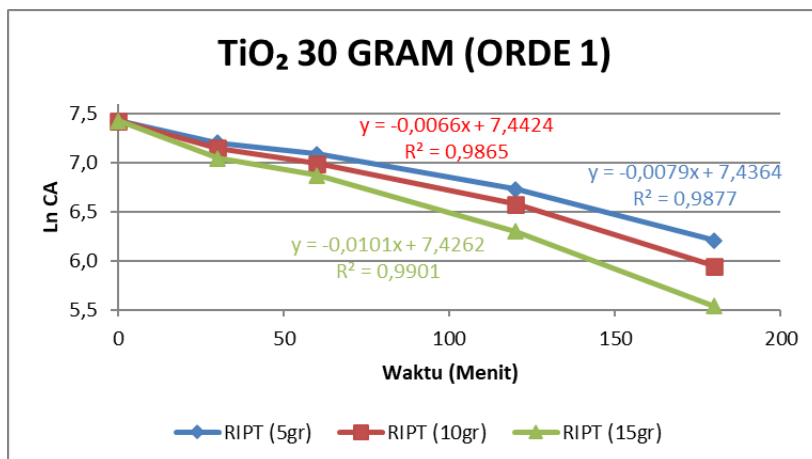
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	R ²		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
30	5	0,9858	0,9865	0,929
	10	0,9725	0,9877	0,9147
	15	0,943	0,9901	0,8989
Katalis TiO ₂ (gr)	RIPT (gr)	Tetapan Laju Reaksi (k)		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
30	5	6,2908	0,0066	0,000008
	10	6,8224	0,0079	0,00001
	15	7,3999	0,0101	0,00002

Sesuai dengan tabel 3. diatas kinetika dari nilai regresi serta konstanta dari laju reaksi bisa diketahui. Pada RIPT (5gr) orde reaksi 1 dengan nilai regresi linear (R² mendekati 1) yang paling linear yaitu sebesar 0,9865 dengan konstanta laju reaksi sebesar 0,0066 menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) orde reaksi 1 dengan nilai regresi linear (R²) yang paling linear yaitu sebesar 0,9877 dengan konstanta laju reaksi sebesar 0,0079 menit⁻¹. Hasil RIPT (10gr) yg mempunyai nilai regresi yang jika dibanding sebelumnya lebih mendekati 1, artinya persamaannya lebih linear. Hasil RIPT (15gr) dengan nilai regresi linear (R²) yang paling linear adalah orde reaksi 1 yaitu sebesar 0,9901 dengan konstanta laju reaksi sebesar 0,0101 menit⁻¹. Nilai konstanta laju reaksi pada RIPT (15gr) adalah nilai konstanta laju reaksi yang paling tinggi, hal itu dapat diketahui dari proses artinya proses pada RIPT (15gr) ini berjalan paling paling baik dibanding dengan RIPT (5gr) dan RIPT (10gr). Proses dikatakan paling baik dengan dibuktikan dari persen penyisihan parameter COD pada RIPT (15gr) sebesar 84,89 %. Setiap RIPT memiliki perbedaan nilai konstanta laju reaksi. Jika RIPT besar maka nilai dari konstanta juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh gradien penyisihan konsentrasi pada RIPT (15gr) yang berubah dari 1677,67 mg/L menjadi 253,42 mg/L. Jika perbedaan penyisihan konsentrasi besar, maka konstanta laju reaksinya juga akan terus membesar karena itu laju reaksi pun juga akan terus membesar.

Sehingga bisa ditentukan persamaan laju reaksi untuk penyisihan parameter COD dari data yang sudah dipilih yaitu

$$-\frac{dC_A}{dt} = k [C_A] = 0,0101 \text{ menit}^{-1} \quad (3)$$

Dibawah ini merupakan grafik hasil linearisasi untuk persamaan laju reaksi yang mengarah ke 1 atau paling linear.



Gambar 3. Grafik linearisasi persamaan laju reaksi TiO₂ 30 gram Grafik pada gambar 3. menunjukkan grafik linearisasi untuk penyisihan COD dalam RIPT TiO₂ 20 gram pada orde reaksi satu. Diketahui bahwa RIPT (15gr) memiliki nilai regresi linear (R^2) yang paling tinggi yaitu 0,9901.

Reaksi dengan orde satu adalah reaksi kimia yang laju reaksinya bergantung pada konsentrasi molar salah satu reaktan yang terlibat dalam reaksi. Sehingga, jika konsentrasi reaktan ditingkatkan sebanyak 2 kali, laju reaksi meningkat 2 kali lipat (Mon et al., 2012). Nilai konstanta laju reaksi pada tiap RIPT menunjukkan perbedaan, semakin tinggi RIPT maka nilai dari konstanta laju reaksi akan semakin tinggi. RIPT (15gr) mempunyai nilai konstanta yang paling besar yaitu 0,0101 menit⁻¹. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah RIPT memungkinkan semakin banyak pula tumbukan efektif yang terjadi. Katalis TiO₂ yang diimmobilisasi kedalam resin akan memperluas permukaan fotokatalis. Permukaan yang lebih luas memungkinkan semakin banyak tumbukan yang terjadi, sehingga dapat mempengaruhi nilai konsentrasi (Hamid, 2020).

D. Pengaruh Massa Katalis TiO₂ Terhadap Konstanta Laju Reaksi (k)

Variasi jumlah katalis TiO₂ ini dilakukan pada saat proses pembuatan *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT), yang dimana ada tiga variasi jumlah katalis yang digunakan yaitu sebesar 10 gram, 20 gram, dan 30 gram. Hal ini sangatlah utama untuk dipelajari karena berhubungan oleh penyediaan elektron yang dihasilkan oleh permukaan fotokatalis yang telah diimmobilisasi dengan resin setelah menyerap cahaya.

Diketahui bahwa RIPT (15gr) merupakan variasi massa RIPT optimum yang didapat dari pembahasan sebelumnya sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Konstanta Laju Reaksi Pada Variasi Massa Katalis

RIPT (gr)	Katalis TiO ₂ (gr)	Tetapan Laju Reaksi (k)		
		Orde 0	Orde 1	Orde 2
15	10	6,0825	0,006	0,000006
	20	6,9083	0,0079	0,00001
	30	7,3999	0,0101	0,00002

Dapat dilihat pula nilai konstanta laju reaksi pada tiap variasi massa katalis nilainya semakin meningkat. Hal ini dikarenakan massa katalis yang semakin meningkat dapat mempengaruhi luas permukaan fotokatalis menjadi semakin besar. Jika luas permukaan besar, maka kemungkinan terjadinya tumbukan juga besar karena banyak bagian dari

permukaan yang bersentuh sehingga laju reaksi pun juga akan semakin meningkat (Hamid, 2020).

Penggunaan katalis sendiri juga dapat mempengaruhi laju reaksi, pengaruhnya berkenaan dengan energi pengaktifan reaksi atau memiliki simbol (E_a). Tujuan untuk mempercepat laju reaksi dapat dilakukan dengan menurunkan energi aktivasi katalis atau katalis memiliki fungsi (Hamid, 2020). Penggunaan katalis pada penelitian ini menunjukkan suatu mekanisme reaksi yang baru dengan nilai energi aktivasi yang lebih kecil jika dibanding energi aktivasi tanpa katalis.

4. KESIMPULAN

Studi kinetika reaksi penyisihan COD oleh *Resin Immobilized Photocatalyst Technology* (RIPT) dengan menggunakan katalis TiO_2 yang sudah dilaksanakan, dapat diketahui kesimpulannya, diantaranya sebagai berikut :

Nilai orde reaksi dan konstanta laju reaksi yang paling baik dalam variasi massa RIPT- TiO_2 adalah pada RIPT (15gr), yaitu diketahui bahwa :

- RIPT- TiO_2 10 gram memiliki nilai orde reaksi nol, dengan konstanta laju reaksi sebesar $6,0825 \text{ mol menit}^{-1}$.
- RIPT- TiO_2 20 gram memiliki nilai orde reaksi nol, dengan konstanta laju reaksi sebesar $6,9083 \text{ mol menit}^{-1}$.
- RIPT- TiO_2 30 gram memiliki nilai orde reaksi satu, dengan konstanta laju reaksi sebesar $0,0101 \text{ menit}^{-1}$.

Berdasarkan hasil diatas maka dapat diperoleh nilai orde dan konstanta laju reaksi yang paling baik dalam variasi massa katalis TiO_2 yaitu pada RIPT- TiO_2 30 gram.

REFERENCES

- Andara, D. R., Haeruddin, & Suryanto, A. (2014). Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampisan di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(3), 177–187.
- Cornelissen, E. R., Moreau, N., Siegers, W. G., Abrahamse, A. J., Rietveld, L. C., Grefte, A., Dignum, M., Amy, G., & Wessels, L. P. (2008). Selection of anionic exchange resins for removal of natural organic matter (NOM) fractions. *Water Research*, 42(1–2), 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.07.033>
- Hamid, R. A. (2020). *Buku ajar guru laju reaksi*. Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin. 1-51.
- Lestari, D. E., & Utomo, S. B. (2007). Karakteristik kinerja resin penukar ion pada sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-gas. *Seminar Nasional III, November*, 21–22.
- Levenspiel, O. (2008). Chemical Reaction Engineering Third Edition. In *Albright's Chemical Engineering Handbook*. <https://doi.org/10.1201/9781420087567-13>
- Mon, I., Yerimadesi, & Hardeli. (2012). *Kimia Fisika (Kinetika Kimia)* (p. 32). [http://repository.unp.ac.id/26756/1/2012-Buku kinetika kimia %28Yerimadesi%2C dkk%29 1.pdf](http://repository.unp.ac.id/26756/1/2012-Buku%20kinetika%20kimia%20Yerimadesi%20C%20dkk%201.pdf)
- Pachwarya, R. B., & Meena, R. C. (2011). Degradation of Azo dyes ponceau S, S-IV from the wastewater of textile industries in a new photocatalytic reactor with high efficiency using recently developed photocatalyst MBIRD-11. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 33(18), 1651–1660. <https://doi.org/10.1080/15567036.2011.577654>
- Petrucci, Ralph H. *Kimia Dasar*, Jilid 2, Cet. Ke4, terj. Suminar Achmadi, Jakarta: Erlangga, 1987.
- Putri, A. K. (2014). Efektivitas discovery learning pada materi pokok laju reaksi terhadap hasil belajar

- dan kreativitas belajar peserta didik SMK Penerbangan Kartika Aqasa Bhakti Semarang. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 11–43.
- Radecka, M., Rekas, M., Trenczek-Zajac, A., & Zakrzewska, K. (2008). Importance of the band gap energy and flat band potential for application of modified TiO₂ photoanodes in water photolysis. *Journal of Power Sources*, 181(1), 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.10.082>
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). Bahaya Limbah Cair Tahu Bagi Lingkungan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 01(01), 1689–1699.
- Tjahjanto, R. T., & Gunlazuardi, J. (2014). Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis. *Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*, 5(2)(December 2001), 81–91.
- Yahya, N., Aziz, F., Jamaludin, N. A., Mutalib, M. A., Ismail, A. F., Salleh, W. N., Jaafar, J., Yusof, N., & Ludin, N. A. (2018). A review of integrated photocatalyst adsorbents for wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(6), 7411–7425. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.06.051>