

**PENGARUH KANDUNGAN ANION ANORGANIK PADA PROSES
FOTOKATALITIK REACTIVE BLACK 5 DENGAN TiO₂-UV
DAN ZnO-UV**

**THE EFFECT OF INORGANIC ANIONS PRESENCE IN
REACTIVE BLACK 5 PHOTOCATALYTIC PROCESS WITH
TiO₂-UV AND ZnO-UV**

^{1*}Yulianty Harja, ²Suprihanto Notodarmojo

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

*¹Yulianty_harja@yahoo.com dan ²Suprihanto@tl.itb.ac.id

Abstrak: Limbah cair industri tekstil menjadi permasalahan karena kualitas dan kuantitasnya sehingga memerlukan pengolahan khusus, terutama untuk kandungan zat warnanya. Salah satu metode pengolahan yang umum digunakan adalah dengan proses fotokatalitik. Proses fotokatalitik heterogen dengan TiO₂ yang diiradiasi UV memberikan efisiensi penyisihan zat warna Reactive Black 5 (RB 5) yang sangat baik, dimana zat warna ini merupakan pewarna tekstil yang banyak digunakan pada industri pencelupan. Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kondisi untuk proses fotokatalitik RB 5 yang memiliki efisiensi penyisihan terbaik (dengan mengetahui pH optimum, dosis optimum dan kombinasi katalis) serta mengetahui pengaruh kandungan anion anorganik, yang umum terdapat dalam limbah cair industri tekstil, terhadap proses penyisihan tersebut. Efisiensi degradasi RB 5 diketahui melalui pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer dimana hasil tersebut akan dikalibrasi sehingga diperoleh konsentrasi zat warna dalam sampel larutan RB 5. Dengan mengetahui orde reaksi dan nilai laju reaksi (*k*) maka dapat ditentukan proses yang memberikan efisiensi penyisihan terbaik. Untuk membandingkan efisiensi katalis TiO₂ dengan ZnO maka dilakukan percobaan dengan kedua katalis pada kondisi yang sama (pH, dosis). Pengaruh kandungan anion anorganik diketahui dengan membandingkan hasil penyisihan sampel dengan masing-masing jenis anion anorganik (2,5mM). Proses fotokatalitik memberikan hasil penyisihan RB 5 terbaik dengan menggunakan kombinasi ZnO-UV (0,5 g/L ZnO) pada pH 11, sedangkan anion anorganik yang paling menghambat proses fotokatalitik RB 5 dengan TiO₂-UV adalah ion CO₃²⁻ dan ion NO₃⁻ untuk proses dengan ZnO-UV.

Kata kunci: anion anorganik, fotokatalitik, Reactive Black 5, Titanium Dioksida, Zinc Oksida

Abstract : Textile industry wastewater become a problem due to its quality and quantity, thus needs a special treatment, especially for the dyes content. One of the commonly used treatment methods is photocatalytic process. Heterogenous photocatalytic process with UV irradiated TiO₂ has a very good efficiency in elimination of Reactive Black 5(RB 5), which is a commonly used textile dyes. This study was conducted to determine the condition for photocatalytic process of RB 5 with the best efficiency (by knowing optimum pH, optimum dosage and combination of catalyst) and discover the effect of inorganic anion content, which is commonly found in textile industry effluent, towards the elimination process. Degradation efficiency of RB 5 identified by measuring absorbance with a spectrophotometer in which will be calibrated to obtain the dye concentration in RB 5 sample solution. By knowing the reaction order and the reaction rate (*k*), we can determine the best efficiency process. To compare the TiO₂ and ZnO catalyst efficiency, both catalysts experiment conducted in same condition (such as pH, dosage). Effect of inorganic anion identified by comparing the degradation results of sample with each inorganic anion content (2.5mM). Photocatalytic process with ZnO-UV combination (0,5 g/L ZnO) give the best degradation result at pH 11, whereas the most inhibit inorganic anion for photocatalytic process RB 5 with TiO₂-UV is CO₃²⁻ ion and for ZnO-UV process is NO₃⁻ ion.

Key words: Inorganic anion, photocatalytic, Reactive Black 5, Titanium Dioxide, Zinc Oxide

PENDAHULUAN

Limbah cair industri tekstil merupakan pencemar industri mayor karena sangat berwarna, mengandung kurang lebih 15% pewarna tidak tetap serta kadar garam tinggi yang berpotensi dibuang ke lingkungan (Tang,C dan V.Chen, 2004). Selain memiliki karakteristik khusus yang berbeda dengan industri lainnya, limbah tekstil dihasilkan dalam kuantitas yang besar. Limbah ini didominasi oleh kandungan zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan tekstil sehingga diperlukan pengolahan khusus untuk menyisihkan pencemar zat warna tersebut. *Reactive Black 5* (RB 5) merupakan zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil karena kemudahannya dalam teknik pencelupan. Beberapa hal terkait keberadaan zat warna dalam limbah cair tekstil, antara lain (Won, Sung Wook *et al.*,2006) :

1. Keberadaan zat warna dalam limbah tekstil ini mengganggu estetika badan air dan tidak diinginkan
2. Zat warna reaktif dan asam yang berwarna cerah dan larut dalam air adalah zat warna yang paling membawa masalah karena cenderung lolos dan tidak terpengaruh oleh sistem pengolahan konvensional
3. Sehubungan dengan struktur kimianya, zat warna resistant terhadap kelunturan ketika terkena cahaya, air dan senyawa kimia lainnya.
4. Zat warna biasanya memiliki inti sintetik dan struktur molekul aromatik kompleks yang membuat mereka lebih stabil dan sulit di-biodegradasi

Advanced Oxidation Process (AOP) merupakan metode penyisihan polutan organik *non biodegradable* yang lebih efisien dibanding metode-metode konvensional seperti flokulasi, presipitasi, adsorpsi dan *activated carbon*. AOP didasarkan pada pembentukan dan penggunaan hidroksil radikal sebagai oksidan utama untuk proses degradasi polutan organik. Hidroksil radikal sendiri dibentuk melalui reaksi antara katalis, sinar UV, ion OH⁻ dan H₂O, dimana semi konduktor yang diaktifkan oleh radiasi ultra-violet (UV) bertindak sebagai katalis untuk menghancurkan kontaminan organik. Di antara berbagai jenis AOP diketahui bahwa proses fotokatalitik heterogen dengan katalis Titanium Dioksida (TiO₂) memiliki tingkat destruktif polutan yang baik (Mahvi,A.H *et al.*, 2004). Katalis ZnO juga dilaporkan memiliki efisiensi degradasi zat warna yang baik, dimana katalis ini memiliki mekanisme fotodegradasi yang serupa dengan TiO₂ (Amisha *et.al.*,2007). Gouvêa *et al* juga melaporkan bahwa ZnO memiliki efisiensi adsorpsi yang lebih baik dan katalis ini tidak memiliki efek sinergis dengan TiO₂ dalam proses fotokatalitik.

Keberadaan garam pada limbah cair industri tekstil berwarna relatif umum. Substansi ini dapat mengganggu penyisihan zat warna melalui proses fotokatalitik karena anionnya akan berkompetisi untuk sisi aktif permukaan katalis atau dalam kata lain akan membuat aktivitas fotokatalis menurun (Mahvi,A.H *et al.*, 2004). Selain kandungan garam, terdapat parameter-parameter lain yang dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan zat warna limbah tekstil melalui proses fotokatalitik, yaitu pH, temperatur, konsentrasi awal zat warna, konsentrasi katalis dan waktu irradiasi. Dalam percobaan ini akan dilakukan pengamatan pengaruh kandungan anion anorganik terhadap proses fotokatalitik untuk katalis TiO₂ dan ZnO.

METODOLOGI

Sampel larutan zat warna dibuat dengan melarutkan RB 5 ke dalam air mendidih dan dipanaskan pada temperatur 80°C selama 1 jam. Selain zat warna RB 5, bahan yang digunakan antara lain TiO₂ anatase, ZnO wurtzite, aquadest, HCl 0,5 N, NaOH 5N, NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄ dan Na₂CO₃. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam percobaan adalah beker glass, gelas ukur, pipet mikro, pipet tetes, pipet hisap, termometer, batang pengaduk, spatula, pHmeter, timbangan elektronik, *magnetic stirrer*, spektrofotometer, reaktor fotokatalitik dan *centrifuge*. Semua percobaan dilakukan dengan pengukuran absorbansi sampel dengan spektrofotometer UV-vis untuk mengetahui efisiensi proses yang terjadi.

Percobaan pendahuluan

- Penentuan panjang gelombang optimum
Percobaan dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan RB 5 20 ppm pada berbagai panjang gelombang dimana panjang gelombang optimum akan memberikan nilai absorbansi terbesar.
- Pembuatan kurva kalibrasi
Dalam pembuatan kurva kalibrasi digunakan larutan zat warna berbagai konsentrasi (0,5 ppm, 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm) yang diuji absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang optimum.
- Penentuan pH optimum untuk TiO₂-UV
Pada percobaan ini penentuan pH optimum dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan zat warna RB 5 10 ppm dengan 0,5 g/L katalis TiO₂ pada proses fotokatalitik selama 2 jam. Laju penyisihan terbaik akan ditunjukkan pada kondisi pH optimum.
- Penentuan dosis optimum TiO₂
Dengan menguji absorbansi larutan zat warna dengan berbagai konsentrasi TiO₂ pada panjang gelombang dan pH optimum (pH 11), diketahui dosis katalis (TiO₂) optimum yang akan memberikan hasil degradasi zat warna RB 5 terbaik.

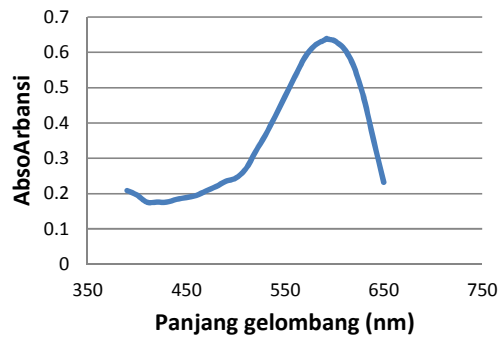
Percobaan utama

- Variasi penggunaan katalis
 - Penggunaan dual katalis
Penggunaan dual katalis (TiO₂-ZnO) dilakukan dengan kombinasi 0,30 g/L TiO₂ dan 0,20 g/L ZnO dalam 100 ml larutan RB 5 10 ppm.
 - Fotolisis RB 5
Proses fotolisis terhadap larutan RB 5 diamati dengan menyimpan larutan tanpa katalis di bawah lampu UV selama 2 jam kemudian diukur absorbansinya setiap 30 menit selama 2 jam untuk mengetahui efisiensinya.
 - Adsorbansi TiO₂ dan ZnO
Daya adsorpsi dari partikel TiO₂ dan ZnO diamati dengan menyimpan larutan RB 5 yang mengandung masing-masing katalis dalam kondisi tanpa sinar (gelap) selama 2 jam.
 - Perbandingan proses fotokatalitik TiO₂-UV dengan ZnO-UV
Untuk mengetahui perbandingan kemampuan TiO₂ dengan ZnO dalam menyisihkan zat warna RB 5 pada proses fotokatalitik secara menyeluruh, dilakukan percobaan pada pH 11 selama 2 jam dan dosis yang sama untuk kedua katalis (0,3 g/L).
 - Penentuan dosis optimum ZnO
Penentuan dosis optimum ZnO dilakukan dengan menggunakannya dalam berbagai konsentrasi pada proses fotokatalitik RB 5 dengan UV untuk mengetahui dosis yang memberikan efisiensi penyisihan terbaik. Variasi jenis kandungan anion anorganik
- Variasi jenis kandungan anion anorganik
 - Untuk percobaan kandungan anion pada fotokatalitik TiO₂-UV, sampel RB 5 10 ppm ditambahkan garam NaCl, NaNO₃, Na₂CO₃, dan Na₂SO₄ (dimana konsentrasi garam ekuivalen dengan konsentrasi anion) sebanyak 2,5 mM sebelum diberi TiO₂ pada dosis optimum dan dimasukkan ke dalam reaktor. Pengukuran absorbansi awal sampel dan pengecekan setiap 30 menit selama 2 jam akan menghasilkan grafik hubungan konsentrasi zat warna terhadap waktu pada setiap sampel dengan masing-masing kandungan garam sehingga hubungan keberadaan anion anorganik dengan proses fotokatalitik dapat diketahui.
 - Percobaan kandungan anion pada fotokatalitik ZnO-UV dilakukan dengan cara yang sama dengan percobaan kandungan anion pada fotokatalitik TiO₂-UV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

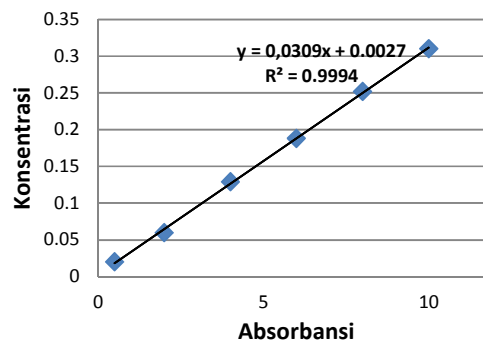
Percobaan pendahuluan

- Penentuan panjang gelombang optimum
Panjang gelombang optimum, yaitu dimana absorbansi terukur memberikan nilai terbesar, untuk RB 5 adalah pada 592 nm. Kurva panjang gelombang optimum ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Kurva panjang gelombang optimum

- Pembuatan kurva kalibrasi
Hasil plot konsentrasi RB 5 dengan absorbansi ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Kurva kalibrasi

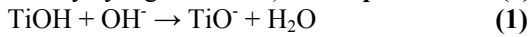
- Penentuan pH optimum TiO₂-UV
Proses fotokatalitik dalam percobaan penentuan pH optimum memiliki nilai k seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**. Dari tabel tersebut diketahui bahwa pH optimum proses fotokatalitik TiO₂-UV adalah 11. Dari **Tabel 1**, diketahui bahwa nilai pH sangat mempengaruhi efisiensi proses fotokatalitik. Proses katalitik yang baik ditunjukkan pada pH 11 dan pH 3, namun degradasi pada pH 11 sedikit lebih baik dibanding pH 3.

Tabel 1. Nilai k proses fotokatalitik TiO₂-UV berdasarkan variasi pH

pH	k x 10 ⁻² (s ⁻¹)
3	1,29
5	0,56
7	0,48

9	0,51
11	1,30

Pengaruh pH pada fotokatalitik berhubungan dengan kondisi ionisasi permukaan katalis (karena muatan permukaan kebanyakan oksida semikonduktor dipengaruhi oleh sifatnya yang amfoterik) sesuai **persamaan (1)** dan **(2)** (Pekakis *et al.*,2006).



Pada pH tinggi terjadi pembentukan $\bullet\text{OH}$ dari reaksi antara ion OH yang teradsorpsi pada permukaan katalis dengan *hole* positif yang terbentuk akibat radiasi UV pada katalis. Pada kondisi pH asam, adsorpsi zat warna yang kuat pada partikel TiO_2 terjadi akibat gaya tarik elektrostatis antara TiO_2 bermuatan positif dengan zat warna. Sedangkan pada pH tinggi, molekul zat warna bermuatan negatif pada medium basa akan mengalami gaya tolak-menolak dengan TiO^- yang terbentuk pada permukaan katalis. Karena peranan $\text{OH}\bullet$ pada proses fotokatalitik jauh lebih besar dibandingkan dengan gaya elektrostatis antara katalis dengan molekul zat warna maka pH 11 memberikan degradasi yang lebih baik dibandingkan dengan pH 3.

- Penentuan dosis optimum TiO_2

Nilai k dari percobaan ini ditunjukkan pada **Tabel 2**. Dari tabel tersebut diketahui bahwa dosis optimum TiO_2 dalam proses fotokatalitik RB 5 dengan irradiasi UV adalah 0,5 g/L.

Tabel 2. Nilai k proses fotokatalitik berdasarkan variasi dosis TiO_2

Dosis TiO_2 (g/L)	k (mol^{-1} L s^{-1})
0,1	1,48
0,4	1,96
0,5	2,06
0,6	1,93
0,8	1,84

Peningkatan konsentrasi katalis sebelum dosis optimum akan meningkatkan efisiensi fotokatalitik karena meningkatkan jumlah sisi aktif permukaan katalis. Namun peningkatan di atas dosis optimum akan menurunkan efisiensi fotokatalitik. Katalis dalam jumlah tinggi akan menimbulkan turbiditas pada larutan sehingga penetrasi sinar UV akan berkurang dan menyebabkan penggumpalan/aglomerasi partikel-partikelnya. Di sisi lain, jika jumlah katalis terlalu sedikit (kurang dari dosis optimum), efisiensi proses fotokatalitik pun akan berkurang karena tidak semua zat warna dapat disisihkan (kurangnya daya adsorpsi).

Percobaan utama

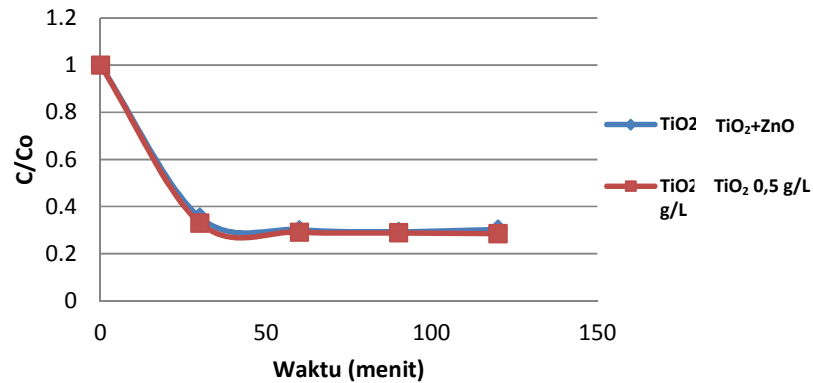
- Pengaruh penggunaan katalis terhadap proses fotokatalitik

- Penggunaan dual katalis (TiO_2 dan ZnO)

Proses fotokatalitik dual katalis berlangsung dengan nilai k sebesar $1,84 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$, sedangkan proses fotokatalitik TiO_2 -UV dosis optimum (yang selanjutnya akan disebut sebagai blanko) berjalan sesuai orde 2 dengan nilai k sebesar $1,90 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$. Kurva perbandingan proses fotokatalitik dual katalis dengan blanko ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Dari hasil nilai k tersebut diketahui penggunaan katalis TiO_2 pada dosis optimum lebih efektif dibandingkan penggunaan dual katalis TiO_2 - ZnO (walaupun

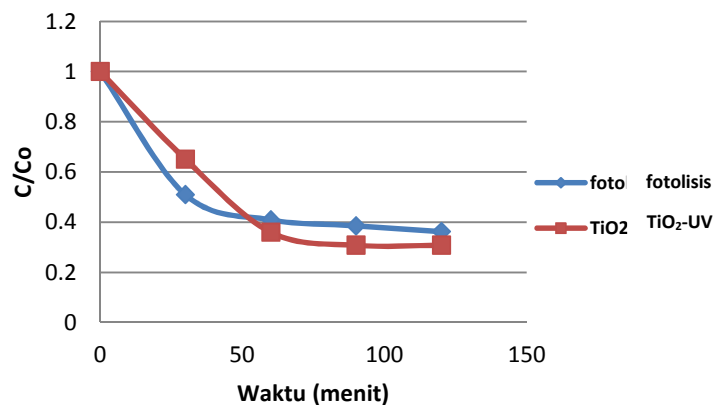
berjumlah total sama, yaitu 0,5 g/L) dalam mendegradasi RB 5. Hal ini disebabkan gaya *London van der Waals* antara partikel-partikel logam oksida. Hasil ini sesuai dengan studi terdahulu yang dilakukan Gouvêa *et al* yang menyatakan bahwa TiO₂ dan ZnO tidak memiliki efek sinergis pada proses fotokatalitik.



Gambar 3. Kurva penurunan konsentrasi zat warna dengan variasi penggunaan katalis

o Fotolisis RB 5

Proses fotolisis pada percobaan berlangsung dengan k sebesar $1,50 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$. Blanko yang digunakan sama dengan blanko pada percobaan dual katalis sehingga diperoleh nilai k proses fotokatalitik blanko adalah $1,90 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$. Kurva penurunan konsentrasi RB 5 oleh fotolisis dan blanko ditunjukkan pada **Gambar 4**. Dari nilai k fotolisis yang mendekati nilai k blanko diketahui bahwa proses fotolisis dapat menyisihkan RB 5 dengan sangat baik (dengan efisiensi degradasi sekitar 63,8%).

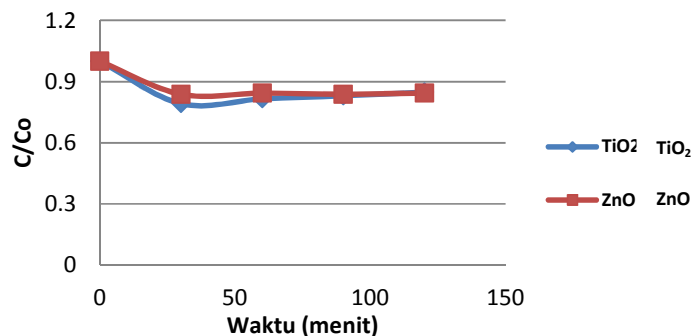


Gambar 4. Penurunan konsentrasi zat warna dengan fotolisis

o Adsorbansi TiO₂ dan ZnO

Proses Adsorpsi zat warna oleh TiO₂ dan ZnO berlangsung dengan nilai k masing-masing sebesar $0,09 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ dan $0,11 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$. Blanko yang digunakan sama dengan percobaan dual katalis dan fotolisis maka nilai k dari blanko adalah $1,90 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$. Kurva penurunan konsentrasi RB 5 melalui proses adsorpsi dua jenis katalis dan blanko ditunjukkan pada **Gambar 5**. Dari nilai-nilai k yang diketahui disimpulkan bahwa proses adsorpsi ZnO memiliki efisiensi yang lebih baik daripada TiO₂, namun proses adsorpsi kedua katalis memberikan efisiensi jauh di bawah

proses fotokatalitik TiO₂-UV dosis optimum dan proses fotolisis. Hal ini menunjukkan bahwa peranan irradiasi UV, yang menyebabkan pembentukan OH•, lebih besar dibandingkan efek adsorpsi molekul katalis pada proses fotokatalitik. Efisiensi adsorpsi oleh ZnO yang lebih baik ini juga dilaporkan pada Gouvêa *et al.*



Gambar 5. Penurunan konsentrasi zat warna akibat adsorpsi katalis

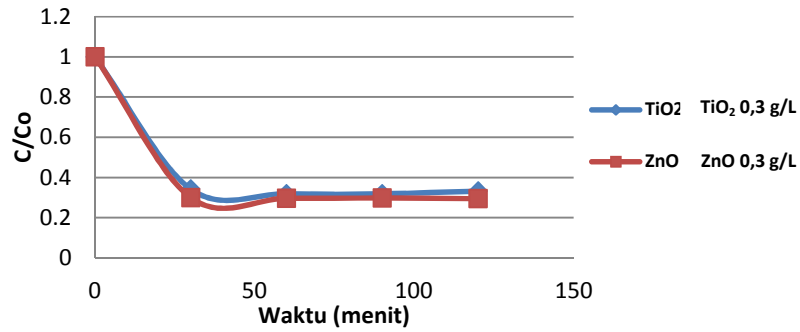
- Perbandingan fotokatalitik TiO₂-UV dengan ZnO-UV

Proses fotokatalitik kedua katalis pada percobaan ini memiliki nilai k TiO₂ sebesar $1,52 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$ dan ZnO sebesar $1,73 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$. Dari nilai k proses fotokatalitik kedua katalis, ZnO lebih baik dalam menyisihkan zat warna RB 5 dibandingkan TiO₂. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor kekeruhan atau turbiditas dan daya adsorpsi. Untuk konsentrasi yang sama (0,30 g/L), TiO₂ menyebabkan kekeruhan larutan yang lebih tinggi dibandingkan ZnO sehingga penetrasi sinar UV pada larutan berkurang (efisiensi proses fotokatalitik menurun), dimana diketahui bahwa UV merupakan faktor penting dalam proses fotokatalitik dilihat dari hasil proses fotolisis. Perbedaan kekeruhan sampel TiO₂ dan ZnO didasarkan pada nilai indeks biasnya (indeks bias merupakan perbandingan kecepatan cahaya pada kondisi vakum dengan medium yang diamati), yaitu TiO₂ rutil 2,90 dan anatase 2,49, sedangkan ZnO hanya 1,99. Intensitas persebaran (dispersi) sebanding dengan perbedaan indeks bias dan pembawa yang berada di sekitarnya sehingga jelas menunjukkan bahwa penyebaran ZnO lebih transparan dibandingkan TiO₂ (Yun Shao *et al.*, 1999). Seperti yang telah disebutkan dalam pembahasan hasil percobaan adsorbansi, irradiasi UV memiliki peranan penting dalam proses fotokatalitik oleh sebab itu sampel ZnO, dimana penetrasi UV berjalan dengan lebih baik, memberikan efisiensi yang lebih baik dibandingkan sampel TiO₂.

Selain itu, daya adsorpsi juga menyebabkan kinerja ZnO dalam mendegradasi RB 5 lebih baik dibandingkan TiO₂. Kurva penurunan konsentrasi zat warna RB 5 melalui fotokatalitik TiO₂-UV dan ZnO-UV ditunjukkan pada **Gambar 6**.

- Penentuan dosis optimum ZnO

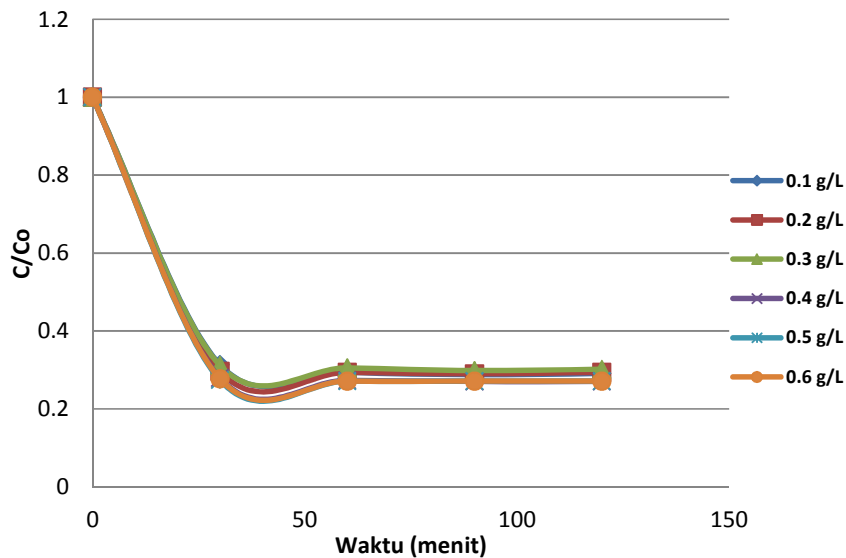
Reaksi fotokatalitik ZnO-UV untuk RB 5 berlangsung dengan nilai k untuk setiap dosisnya ditunjukkan pada **Tabel 3**. Penurunan konsentrasi zat warna dengan variasi dosis ZnO ditunjukkan pada **Gambar 7**. Dari hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 7** dan **Tabel 3** maka diketahui ZnO memberikan efisiensi sangat baik dalam proses fotokatalitik RB 5 dengan UV, dimana nilai efisiensi terbaik diperoleh pada dosis ZnO 0,5 g/L dan 0,6 g/L. Dengan mempertimbangkan segi ekonomis maka dosis optimum ZnO yang digunakan adalah sebesar 0,5 g/L.



Gambar 6. Penurunan konsentrasi zat warna dengan variasi katalis

Tabel 3. Nilai k proses fotokatalitik ZnO-UV pada variasi dosis

Dosis ZnO (g/L)	k (mol ⁻¹ L s ⁻¹)
0,1	4,21
0,2	4,31
0,3	4,15
0,4	4,44
0,5	4,50
0,6	4,50



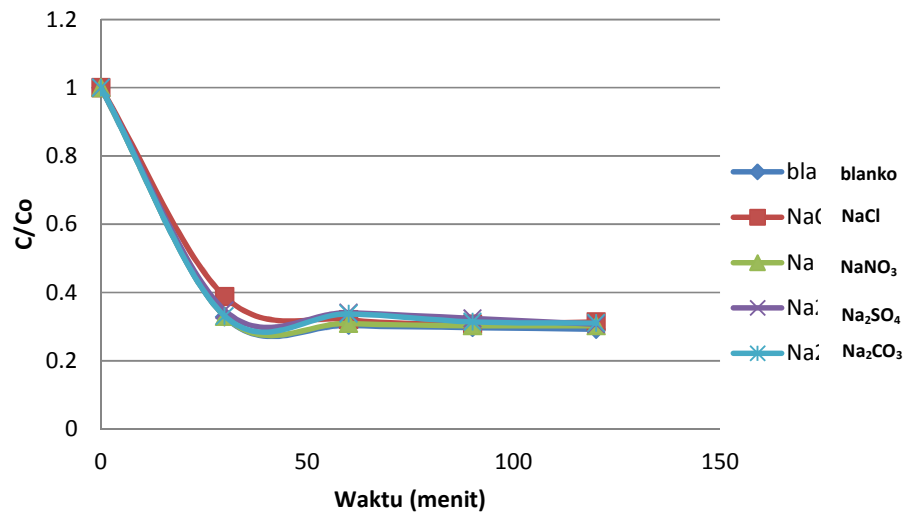
Gambar 7. Penurunan konsentrasi zat warna dengan fotokatalitik ZnO-UV variasi dosis ZnO

- Pengaruh kandungan anion terhadap proses fotokatalitik katalis-UV
 - Pengaruh anion anorganik pada fotokatalitik TiO₂-UV

Proses fotokatalitik sampel dengan semua jenis kandungan anion anorganik berlangsung dengan nilai k seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4**, sedangkan kurva penurunan konsentrasi zat warna RB 5 melalui fotokatalitik pada masing-masing sampel dengan kandungan anion ditunjukkan oleh **Gambar 8**.

Tabel 4. Nilai k proses fotokatalitik TiO₂-UV sampel dengan kandungan anion

Sampel	k (mol ⁻¹ L s ⁻¹)
Blanko	1,83
Cl ⁻	1,83
NO ₃ ⁻	1,76
SO ₄ ²⁻	1,69
CO ₃ ²⁻	1,67



Gambar 8. Kurva penurunan konsentrasi zat warna dengan variasi anion dengan katalis TiO₂

Dari **Tabel 4** maka dapat diketahui urutan hambatan terhadap proses fotokatalitik dengan TiO₂ - UV mulai dari yang terkecil adalah sebagai berikut : Cl⁻-NO₃⁻-SO₄²⁻-CO₃²⁻

Ion sulfat dan karbonat memberikan hambatan terbesar dalam proses fotokatalitik yang dilakukan. Hal ini mungkin terjadi akibat terjadinya flokulasi partikel TiO₂. Banyak anion, terutama yang memiliki ion valensi besar, memiliki efek flokulasi pada TiO₂ partikel nano sehingga menyebabkan penurunan cepat efisiensi, selain efek perebutan OH• dan *hole* (Zhang, Wenbing *et al.*, 2005). Semakin besar valensi suatu anion, semakin besar gaya tariknya terhadap ion lain. Sama halnya dengan ion sulfat, ion karbonat juga menurunkan efisiensi proses fotokatalitik karena reaksinya dengan OH•. Radikal karbonat merupakan agen pengoksidasi lemah dan sulit bereaksi dengan molekul organik lainnya. Ion Cl⁻ dan NO₃⁻ memberikan hambatan yang lebih kecil, sehubungan dengan valensinya yang lebih rendah dari ion sulfat dan karbonat. Namun efisiensi degradasi dengan adanya ion NO₃⁻ lebih rendah dibanding Cl⁻, hal ini mungkin disebabkan karena spesi oksidatif yang dihasilkan dengan adanya NO₃⁻ lebih sedikit. Semua anion yang bereaksi dengan OH• akan menghasilkan anion radikal yang kurang reaktif dibandingkan OH• sehingga akan menurunkan efisiensi degradasi zat warna.

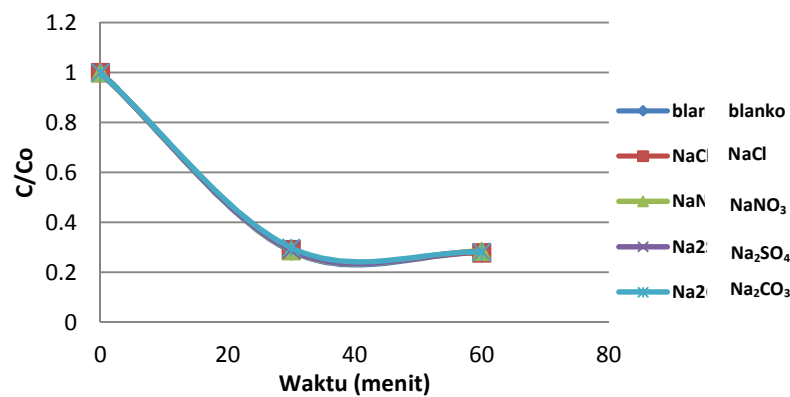
- o Pengaruh anorganik pada fotokatalitik ZnO-UV
 Karena dalam selang waktu 1 jam, sampel telah menunjukkan hasil pengukuran absorbansi yang mendekati 0 maka data yang digunakan hanya data

pengamatan selama 1 jam. Proses fotokatalitik sampel dengan semua jenis kandungan anion anorganik berlangsung dengan nilai k dari reaksi pada sampel-sampel anion ditunjukkan pada **Tabel 5** dan kurva penurunan konsentrasi zat warna RB 5 melalui fotokatalitik pada masing-masing sampel dengan kandungan anion ditunjukkan oleh **Gambar 9**.

Dari **Tabel 5** maka dapat diketahui urutan hambatan terhadap proses fotokatalitik dengan ZnO- UV mulai dari yang terkecil adalah sebagai berikut : Cl^- - CO_3^{2-} - SO_4^{2-} - NO_3^-

Tabel 5. Nilai k proses fotokatalitik ZnO-UV sampel dengan kandungan anion

Sampel	k ($\text{mol}^{-1} \text{L s}^{-1}$)
Blanko ZnO	4,43
Cl^-	4,43
NO_3^-	4,32
SO_4^{2-}	4,37
CO_3^{2-}	4,38



Gambar 9. Kurva penurunan konsentrasi zat warna dengan variasi garam dengan katalis ZnO

Hasil tersebut berbeda dari yang diperoleh pada percobaan variasi garam terhadap fotokatalitik dengan TiO_2 – UV. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa sifat ZnO yang mempengaruhi interaksinya dengan ion NO_3^- . Namun hasil ini juga mungkin diperoleh akibat beberapa ketidakstabilan intermediet pada sampel RB 5 dan ZnO yang ditambahkan keempat jenis garam karena dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa hasil-hasil tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga sangat memungkinkan terjadinya ketidaktepatan hasil.

Hasil-hasil percobaan tersebut menunjukkan pengaruh garam terhadap efisiensi fotokatalitik berlainan dan akan bervariasi seiring berjalannya waktu. Dalam kata lain, pengaruh garam terhadap proses fotokatalitik adalah spesifik terhadap waktu, jenis kontaminan serta katalis dan secara garis besar dapat menghambat proses tersebut. Namun, kandungan anion dalam garam dengan konsentrasi sebesar 2,5 mM tidak memberikan hambatan yang signifikan terhadap proses fotokatalitik kedua katalis (TiO_2 dan ZnO) karena konsentrasinya relatif kecil.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan-percobaan yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Kondisi optimum untuk proses fotokatalitik TiO₂-UV adalah pada pH 11 dan dosis TiO₂ sebesar 0,5 g/L.
2. Penggunaan dual katalis TiO₂+ZnO-UV tidak memberikan hasil degradasi RB 5 yang lebih baik dibandingkan TiO₂-UV pada dosis yang sama.
3. Daya adsorpsi partikel ZnO lebih baik dibandingkan TiO₂ namun efisiensinya dalam menyisihkan RB 5 jauh lebih rendah dibandingkan fotolisis yang mencapai 63,8%.
4. Proses fotokatalitik RB 5 dengan kombinasi ZnO-UV memberikan efisiensi yang lebih baik dibandingkan TiO₂-UV pada dosis yang sama.
5. Keberadaan anion anorganik dalam larutan zat warna RB 5 dapat menurunkan efisiensi degradasi oleh proses fotokatalitik TiO₂-UV dan ZnO-UV. Untuk fotokatalitik TiO₂-UV urutan hambatan yang diberikan anion anorganik dari yang terkecil adalah sebagai berikut : Cl⁻-NO₃⁻-SO₄²⁻-CO₃²⁻
Sedangkan untuk fotokatalitik ZnO-UV adalah sebagai berikut : Cl⁻-CO₃²⁻-SO₄²⁻-NO₃⁻

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) dan dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Tekstil Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Amisha,S, K.Selvam, N.Sobana & M.Swaminathan. (2007). *Photomineralisation of Reactive Black 5 with ZnO using Solar and UV-A Light*. Annamalai University.
- Tang, C & V. Chen. (2004). *The photocatalytic degradation of reactive black 5 using TiO₂/UV in an annular photoreactor*. University of New South Wales.
- Gouvêa, C.A.K, Fernando Wypych, Sandra G. Moraes, Nelson Durán, Noemi Nagata & Patricio Peralta-Zamora. (1999). *Semiconductor-assisted photocatalytic degradation of reactive dyes in aqueous solution*. Universidade Federal do Paraná. Brazil
- Mahvi,A.H, M.Ghanbarian, S.Nasserri & A.Khairi. (2007). *Mineralization and discoloration of textile wastewater by TiO₂ nanoparticles*. University of Teheran. Iran
- Pekakis, Pentalis A, Nikolaos P. Xekoukoulotakis & Dionissios Mantzavinos. (2006). *Treatment of textile dyehouse wastewater by TiO₂ photocatalysis*. Technical University of Crete.
- Won, Sung Wook, Kim Hyun Jong, Choi Soo Hyung, Chung Bong Woo, Kim Ki Ju & Yun Yeoung Sang. (2006). *Performance, kinetics and equilibrium in biosorption of anionic dye Reactive Black 5 by the waste biomass of Corynebacterium glutamicum as a low-cost biosorbent*. Chonbuk National University
- Shao, Yun & David Schlossman. (1999). *Effect of Particle Size on Performance of Physical Sunscreen Formulas*. PCIA Conference.
- Zhang, Wenbing, Taicheng An, Mingchao Cui, Guoying Sheng & Jiamo Fu. (2005). *Effects of anions on the photocatalytic and photoelectrocatalytic degradation of reactive dye in a packed-bed reactor*. Guangzhou University