

# PENGARUH PENAMBAHAN REMAZOL YELLOW TERHADAP EFEKTIVITAS FOTOREDUKSI ION Cr(VI) TERKATALISIS TiO<sub>2</sub>-RESIN

<sup>1</sup>Ayu Qurota A'yun\*, <sup>2</sup>Rosyid Ridho

<sup>1</sup>Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Banyuwangi, <sup>2</sup>Universitas PGRI Banyuwangi  
E-mail: ayu.qurota.ayu@itbmb.ac.id

Riwayat Article

Received: 02 Mei 2023; Received in Revision: 28 Agustus 2023; Accepted: 15 September 2023

## Abstract

The impact of Remazol Yellow on the effectiveness of Cr+6 ion photoreduction catalyzed by TiO<sub>2</sub>-Resin has been studied. This research began with the manufacture of TiO<sub>2</sub>-Resin catalysis in a 1:1 ratio. The resulting TiO<sub>2</sub>-Resin catalyst was characterized using X-ray diffraction. Then TiO<sub>2</sub>-Resin catalysis was tested to reduce Cr<sup>6+</sup> ions and degrade Remazol Yellow compounds in waste. The Cr<sup>6+</sup> ion photoreduction process and Remazol Yellow photodegradation were carried out in a batch reactor system equipped with a UV Lamp. This research studied the effect of exposure time, initial concentration of Cr<sup>6+</sup> ions and the presence of Remazol Yellow on the effectiveness of photoreduction. The results showed that 48 hours resulted in a photoreduction of Cr+6 ions of 82.83%. The initial concentration of Cr+6 ions influences the photoreduction results of 5 ppm Cr+6 ions by 89.54%. The presence of Remazol Yellow affects the effectiveness of photoreduction of Cr+6 ions by 76.44% at a concentration of 5 ppm Cr+6 ions. The Remazol Yellow photodegradation process occurs at a Cr+6 ion concentration of 5 ppm of 29.28%. The availability of •OH radicals to oxidize Remazol Yellow in a fixed and relatively large amount makes the photodegradation of Remazol Yellow increase. The results of the effect of Remazol Yellow variations on the effectiveness of Cr(VI) ion photoreduction were 78.46% at a Remazol Yellow concentration of 10 ppm. The addition of Remazol Yellow can increase the reduction of Cr(VI) ions and vice versa, this is because the presence of Remazol Yellow can prevent the recombination of •OH and electrons.

Keywords: Photoreduction, Cr(VI) Ion, TiO<sub>2</sub>-Resin, Remazol Yellow

## Abstrak

Impak Remazol Yellow terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr<sup>+6</sup> yang dikatalisis TiO<sub>2</sub>-Resin telah diteliti. Penelitian ini diawali dengan pembuatan katalisis TiO<sub>2</sub>-Resin rasio 1:1. Katalis TiO<sub>2</sub>-Resin yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan difraksisinar-X. Kemudian katalisis TiO<sub>2</sub>-Resin diujikan untuk mereduksi ion Cr<sup>6+</sup> dan mendegradasi senyawa Remazol Yellow dalam limbah. Proses fotoreduksi ion Cr<sup>6+</sup> dan fotodegradasi Remazol Yellow dilakukan dalam sistem batch reaktor yang dilengkapi dengan *UV Lamp*. Penelitian ini mempelajari pengaruh waktu penyinaran, konsentrasi awal ion Cr<sup>6+</sup> dan keberadaan Remazol Yellow terhadap efektivitas fotoreduksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu 48 jam menghasilkan fotoreduksi ion Cr<sup>+6</sup> sebesar 82,83%. Adanya konsentrasi awal ion Cr<sup>+6</sup> berpengaruh pada hasil fotoreduksi ion Cr<sup>+6</sup> 5 ppm sebesar 89,54%. Adanya Remazol Yellow mempengaruhi efektivitas fotoreduksi ion Cr<sup>+6</sup> sebesar 76,44% pada konsentrasi 5 ppm ion Cr<sup>+6</sup>. Proses fotodegradasi Remazol Yellow terdapat pada konsentrasi ion Cr<sup>+6</sup> 5 ppm sebesar 29,28%. Ketersediaan radikal •OH untuk mengoksidasi Remazol Yellow dalam jumlah yang tetap dan relatif banyak membuat fotodegradasi Remazol Yellow meningkat. Hasil pengaruh variasi Remazol Yellow terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) sebesar 78,46% pada konsentrasi Remazol Yellow 10 ppm. Adanya penambahan Remazol Yellow dapat meningkatkan reduksi ion Cr(VI) dan sebaliknya, hal ini dikarenakan keberadaan Remazol Yellow dapat mencegah penggabungan kembali •OH dan elektron.

Keywords: Fotoreduksi, Ion Cr(VI), TiO<sub>2</sub>-Resin, Remazol Yellow

## 1. Introduction

Limbah berbahaya dari industri dapat berupa limbah organik dan anorganik. Remazol Yellow adalah salah satu jenis limbah organik. Remazol Yellow secara umum dipergunakan menjadi pewarna tekstil. Sedangkan untuk limbah anorganik salah satunya yaitu limbah logam berat Ion

Cr (VI). Ion tersebut bersifat toksik meskipun konsentrasi rendah sekalipun dan hal tersebut yang menyebabkan cemaran utama di lingkungan (Uripto T. Santoso et.al., 2007). Limbah logam berat Chromium (VI) sering ditemukan dalam Industri pelapisan logam (*electroplating*), cat/pigmen, penyamakan kulit (*leathertanning*), dan pendingin air. Limbah Cr(VI) memiliki sifat karsinogenik yang menjadikan limbah tersebut populer. Logam Cr dalam lingkungan perairan juga memiliki toksisitas dan mobilitas yang bergantung pada keadaan oksidasi (Kořuh et al., 2000). Logam Cr(VI) dengan konsentrasi >0,05 ppm memiliki tingkat toksisitas sangat tinggi sehingga menimbulkan sifat beracun pada semua organisme. Logam Cr(VI) juga bersifat karsinogenik yang menyebabkan iritasi kulit pada manusia. Keadaan oksidasi Chromium paling stabil di lingkungan adalah +3 dan +6. Logam Cr(VI) memiliki mobilitas lebih tinggi dibandingkan Cr(III) dikarenakan spesies  $Cr^{+6}$  yaitu  $CrO_4^{2-}$ ,  $HCrO_4^-$ , dan  $Cr_2O_7^{2-}$  tidak teradsorpsi kuat oleh tanah pada kondisi basa hingga asam. Logam Cr(III) memiliki sifat berkebalikan yaitu tidak karsinogenik dan kurang beracun. Logam Cr(III) juga mudah untuk dikeluarkan dari air dengan pengendapan dalam kondisi basa (Mawardi et al., 2013)

Metode dalam mengatasi limbah Cr(VI) adalah fotoreduksi dengan menggabungkan cahaya UV dan bahan semikonduktor sebagai fotokatalis. Keberadaan campuran limbah logam dan limbah organik salah satunya Remazol Yellow berasal dari industri tekstil atau lainnya seperti elektroplating. Fotoreduksi merupakan pasangan dari fotodegradasi. Maka ditafsirkan limbah organik dapat mempengaruhi fotoreduksi limbah anorganik. Oleh karena itu, peneliti melakukan kajian pengaruh adanya limbah organik dalam efektifitas fotoreduksi dari logam ion Cr(VI).

Fotokatalisis ialah metode penggabungan proses fotokimia dan katalis (Darminto & Suryaning, 2008). Fotokatalis membutuhkan katalis semikonduktor dan berfungsi berdasarkan struktur elektroniknya dapat menjadi reduktor atau oksidator dalam reaksi redoks terinduksi oleh cahaya. Foton dengan energi  $h\nu$  sesuai atau lebih dari energi celah pita akan menghasilkan pembawa muatan yaitu elektron pada pita konduksi ( $e^-$ ) dan *hole* di pita valensi ( $h^+$ ) yang disebabkan oleh elektron di pita valensi dipromosikan ke pita konduksi. Elektron pita konduksi bertindak sebagai oksidator dan *hole* pita valensi bertindak sebagai reduktor ((Hoffmann et al., 1995)( Ridho et al., 2013). Serbuk  $TiO_2$  bahan semikonduktor yang berperan sebagai katalis, dimana pita valensi yang terisi elektron dan pita konduksi yang kosong akan mengkarakterisasi serbuk  $TiO_2$ . Elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi dan reaksi reduksi dapat terjadi saat elektron bertemu akseptor elektron atau donor proton apabila bahan semikonduktor dikenai cahaya bahan semi konduktor dikenai cahaya yang sesuai (Darminto&Suryaning, 2008). Jenis *hole scavenger* atau penangkap  $h^+$  (senyawa yang mudah dioksidasi, umumnya spesi organik) yang digunakan akan mempengaruhi efektifitas fotoreduksi. *Hole scavenger* memiliki fungsi sebagai penangkap *hole* pada pita valensi yang akan mengurangi lajur ekombinasi *hole* dan elektron, berkurangnya rekombinasi tersebut akan meningkatkan aktifitas dari fotoreduksi (Nguyen et al., 2003).

Preparasi fotokatalis  $TiO_2$ -Resin dilakukan dengan menggunakan resin penukar kation sebagai bahan matrik dan titanium isopropoksida (TTIP) dalam pelarut *ethanol* terbentuk ion  $Ti(OH)_2^{2+}$  yang selanjutnya mengalami pertukaran dengan ion  $H^+$  pada resin (Ridho et al., 2013).  $TiO_2$ -Resin dalam larutan berair dilakukan penyinaran campuran larutan Cr(VI) dan serbuk fotokatalis  $TiO_2$ -Resin dengan lampu UV di dalam reaktor tertutup. Lampu UV berfungsi sebagai sumber energi foton yang diperlukan untuk dapat terjadinya reaksi fotoreduksi. Jumlah elektron dan efektivitas juga dipengaruhi oleh kadar  $TiO_2$  dalam resin.  $TiO_2$  yang terimobilisasi dalam resin pada jumlah yang besar akan mendapatkan banyak elektron yang digunakan untuk proses fotoreduksi, sehingga proses fotoreduksi berhasil dilakukan (Ridho et al., 2013).

## 2. Methodology

### 2.1 Alat

Satu set Reaktor dengan hot plate magnetic stirrer merk spin berukuran 2 cm dan *UV Lamp* tipe *black light blue* (BLB) dengan daya 40 Watt, bertegangan 220 Volt dan panjang gelombang 300-390 nm, erlenmeyer, pipet volume, corong gelas, labu ukur, gelas beker, pH meter Orion Research Model 601, neraca analitik Mettler AE 200, Centrifuge IEC (International Equipment Company) AGIMATIC-N, Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

### 2.2 Bahan

Bahan yang digunakan Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP), *ethanol absolute*, resin (polistirene sulfonated),  $TiO_2$  degusa, Resin,  $K_2CrO_4$ . Kertas saring Whatman 42 ( $\Phi = 110$  nm), dan akuades.

## 2.3 Cara Kerja

### 2.3.1 Karakterisasi TiO<sub>2</sub>-Resin

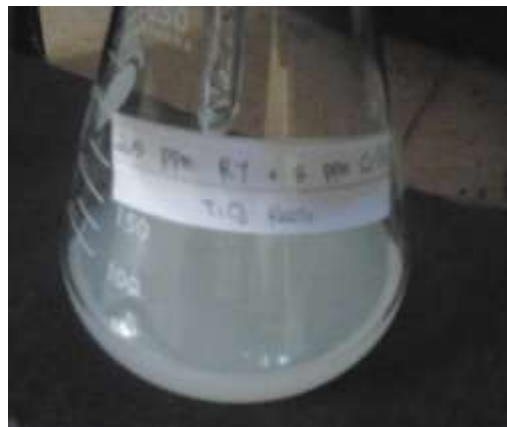
Pertama preparasi dan karakterisasi fotokatalisis TiO<sub>2</sub>-Resin, dengan melarutkan TTIP ke dalam 100 ml campuran *ethanol* dan aquades, kemudian ditambahkan 1 g Resin selanjutnya diaduk selama 24 jam. Filtrat dan residu dipisah menggunakan kertas saring whatman 42. Hasil residu berupa padatan dilakukan pengerikan dan dikalsinasi pada temperatur 200°C. setelah itu dikarakteristik dengan metode XRD.

### 2.4.1 Uji Fotokatalitik

Perlakuan fotoreduksi ion Cr(VI) menggunakan *system batch* dalam reactor dilengkapi lampu UV dan plat yang dilakukan pengaduk dengan jarak 15 cm dari *UV lamp*. TiO<sub>2</sub>-Resin 50 mg dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisikan larutan Cr(VI) 5 mg/L sebanyak 50 ml. Kemudian erlenmeyer ditutup menggunakan plastik transparan dan disinari lampu UV yang disertai pengadukan dengan variasi waktu 4, 8, 16, 24, 48, dan 72 jam. Filtrat dan suspensi disaring menggunakan kertas saring whatman 42. Filtrat dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan konsentrasi ion Cr(VI) sisa atau tidak tereduksi.

Variasi kedua yaitu menentukan pengaruh adanya konsentrasi awal Cr<sup>+6</sup>. Proses yang digunakan sama dengan perlakuan awal dengan menggunakan variasi konsentrasi logam sebesar 2,5; 5; 10; 20 dan 25 ppm.

Hal yang sama dilakukan untuk mengetahui konsentrasi Remazol Yellow berpengaruh terhadap fotoreduksi ion Cr(VI) dengan variasi konsentrasi yaitu 1, 2,5, 5, 10, dan 15 ppm. Sebaliknya untuk mempelajari pengaruh Remazol Yellow dalam variasi konsentrasi ion Cr(VI) dengan konsentrasi bervariasi 2,5; 5; 10; 20 dan 25 ppm.

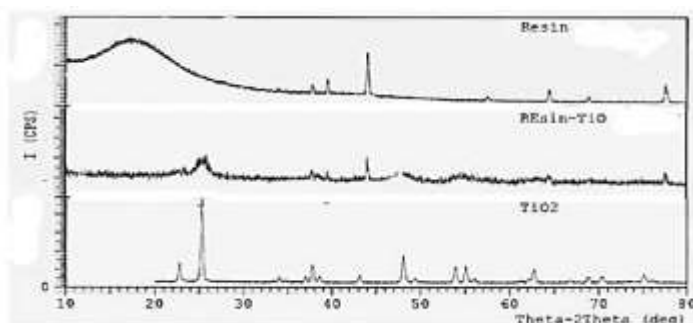


Gambar 1. Variasi konsentrasi fotoreduksi ion Cr(VI)

## 3. Result And Discussion

### 3.1 Karakteristik TiO<sub>2</sub>-Resin

TiO<sub>2</sub>-Resin dikarakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk melihat katalis TiO<sub>2</sub>-Resin terbentuk. Difraktogram hasil karakterisasi XRD diperlihatkan pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Difraktogram karakterisasi TiO<sub>2</sub>-Resin

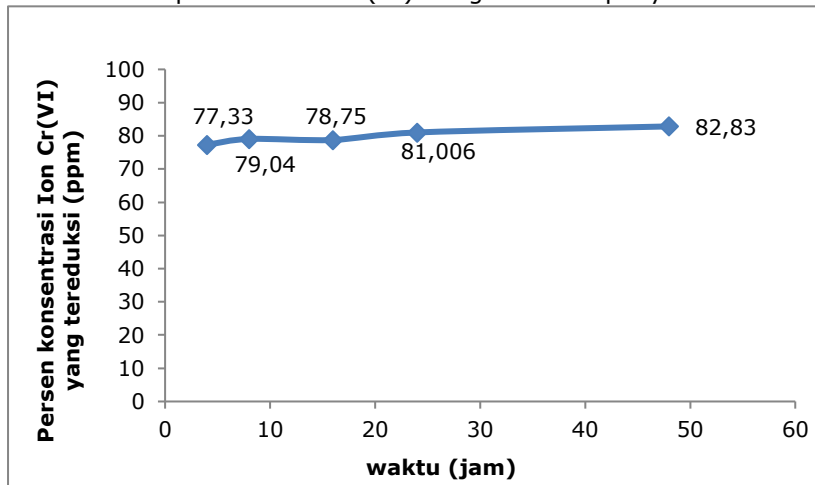
Pada gambar ditunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>-Resin telah terbentuk. Hasil ini menunjukkan gugus H<sup>+</sup> pada gugus resin yang digunakan sebagai penukar kation dengan TiO<sub>2</sub> telah terimpregnasi cukup baik. Serapan TiO<sub>2</sub> terdapat pada puncak di sudut 2θ = 25° dan 48,39° menunjukkan pola difraksi kuat yang mengidentifikasi TiO<sub>2</sub> dalam fase anatase data ini sesuai dengan standar

JCPDS no. 84-1286 (Thamaphat et al., 2008). Pada pelapisan ini TiO<sub>2</sub> memperlihatkan struktur amorf lebih dominan dari pada struktur kristalnya. Struktur amorf merupakan padatan tersusun atom-atom atau molekul-molekul tidak teratur yang berpengaruh dalam pembentukan partikel katalis. Sifatnya yang memiliki kelarutan tinggi akan mempercepat proses absorbsi akan tetapi dengan kelarutan tinggi menyebabkan energi dan mobilitas molekul menjadi lebih tinggi sehingga membuatnya tidak stabil secara fisik.

Nilai serapan pada resin ditunjukkan pada puncak sudut 2θ = 18,34° dengan intensitas rendah, dan 44,04° memiliki intensitas tinggi. Serta serapan pada TiO<sub>2</sub>-Resin menunjukkan puncak pada sudut 2θ = 36° memiliki intensitas rendah, 42° dengan intensitas sedang, dan 62° intensitas tinggi. Hasil data tersebut menunjukkan telah terbentuk TiO<sub>2</sub>-Resin.

### 3.2 Pengaruh waktu penyinaran terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cr(VI) Terkatalisis TiO<sub>2</sub>-Resin

Waktu penyinaran berpengaruh terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) ditunjukkan pada gambar 3. Fotoreduksi merupakan proses reduksi yang menggunakan bantuan cahaya dan bahan semikonduktor sebagai fotokatalis. Reduksi fotokatalitik menggunakan TiO<sub>2</sub>-Resin yang ditambahkan pada larutan Cr(VI) dengan waktu penyinaran bervariasi selama 4, 8, 16, 24, dan

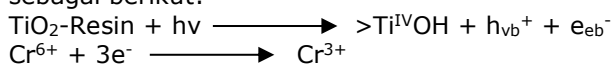


Gambar 3. Pengaruh variasi waktu terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI)

Data grafik menunjukkan waktu terendah 4 jam dan 8 jam ion Cr(VI) yang tereduksi sebesar 77,33% dan 79,04 %. Data untuk waktu yang cukup lama 16 jam – 48 jam ion Cr(VI) yang tereduksi sebesar 81,006 % - 82,83%. Perolehan data dari waktu batasan 48 jam menunjukkan peningkatan efektivitas fotoreduksi seiring dengan lamanya waktu. Hal ini dikarenakan banyaknya elektron tereksitasi ketika dilakukan penyinaran UV yang semakin lama dan pengaruh tersebut berperan dalam aktivitas reduksi Cr(VI).

TiO<sub>2</sub> mempunyai struktur semikonduktor sehingga terjadi reduksi ion Cr<sup>+6</sup> oleh katalis TiO<sub>2</sub>-Resin. Adanya penyinaran lampu UV membuat e<sup>-</sup> dikontribusikan dari pita valensi ke pita konduksi yang menyebabkan *hole* di pita valensi h<sub>vb</sub><sup>+</sup>, akibatnya reaksi reduksi terjadi membentuk elektron pada permukaan katalis tersebut dan bereaksi dengan elektron yang diterimanya (Hoffmann et al., 1995).

Logam Cr(VI) mempunyai ciri antara lain memiliki radius ion pendek dan rapatannya tinggi, sehingga permukaan katalis cenderung lebih besar untuk mengalami reduksi elektron (Darminto & Suryaning, 2008). Kemungkinan reaksi reduksi dari ion Cr(VI) adalah sebagai berikut:



Reaksi dari fotoreduksi diawali dengan pembentukan elektron terlebih dahulu sebelum mereduksi logam. Katalis TiO<sub>2</sub> terlebih dahulu diaktifkan dengan bantuan energi foton.

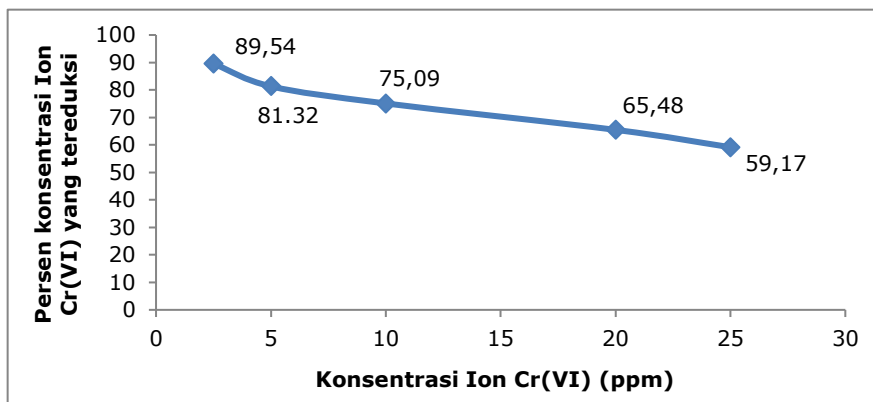
Pasangan elektron dan hole (h<sup>+</sup>) yang terbentuk dari aktivasi katalis TiO<sub>2</sub> dapat berkombinasi dan melepas panas yang menyebabkan terjadinya reaksi reduksi dan oksidasi dengan adanya transfer muatan ke spesies yang teradsorpsi pada permukaan semikonduktor (Hoffmann et al., 1995; Riyani & Setyaningtyas, 2009).

Fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang diimmobilisasi pada resin membuat luas permukaan fotokatalis lebih besar. Terlihat dalam preparasi fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Resin dilakukan dengan menggunakan resin penukar kation sebagai bahan matrik yaitu pertukaran ion yang bermuatan positif dalam senyawa TiO<sub>2</sub> dan titanium isopropoksida (TTiP) dalam pelarut etanol akan membentuk ion Ti(OH)<sub>2</sub><sup>2+</sup> yang selanjutnya mengalami pertukaran dengan ion H<sup>+</sup> pada resin (Ridho, 2013). Immobilisasi pada resin

juga dapat mencegah penyebaran  $\text{TiO}_2$  dalam larutan, sehingga diharapkan aktivitas fotokatalis menjadi lebih tinggi dan efektivitas fotoreduksi meningkat (Ridho et al., 2013).

### 3.3 Pengaruh Konsentrasi Awal Cr(VI) terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cr(VI) Terkatalisis $\text{TiO}_2$ -Resin

Pengaruh konsentrasi awal ion Cr(VI) digunakan dalam mempelajari pengaruh konsentrasi ion Cr(VI) terhadap proses fotoreduksi ion Cr(VI) yang terkatalisis  $\text{TiO}_2$ -Resin. Penambahan variasi konsentrasi larutan Cr(VI) sebesar 2,5, 5, 10, 20, dan 25 ppm kedalam 50 mg  $\text{TiO}_2$ -Resin dan dilakukan pengadukan selama 48 jam. Gambar 4 menyajikan hasil pengujian pengaruh konsentrasi awal ion Cr(VI).

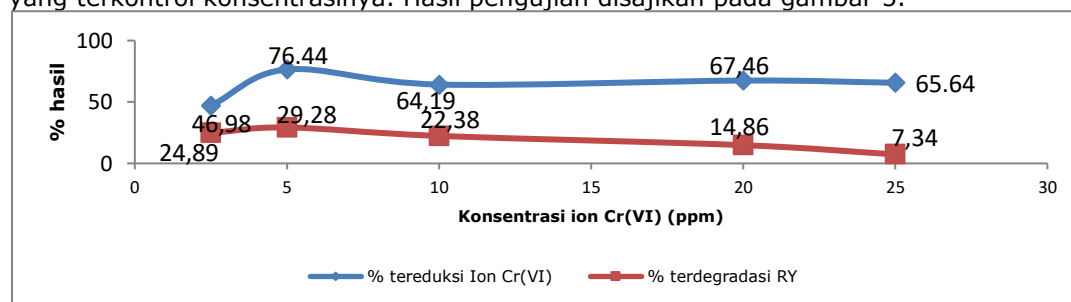


**Gambar 4.** Pengaruh Konsentrasi awal larutan Cr(VI) terhadap Fotoreduksi Cr(VI)

Data grafik tersebut, menunjukkan bahwa konsentrasi Cr(VI) yang relatif kecil 2,5 ppm memiliki efektivitas fotoreduksi yang tinggi. Namun pada konsentrasi 5 – 25 ppm efektivitas fotoreduksi semakin menurun. Penurunan efektivitas fotoreduksi disebabkan elektron yang tereksitasi pada permukaan katalis dalam jumlah yang tetap. Konsentrasi ion yang tinggi akan meningkatkan viskositas  $\text{Cr}^{+6}$  dalam larutan dan konsentrasi  $\text{Cr}^{+6}$  yang tinggi juga meningkatkan kekentalan larutan sehingga sinar yang merupakan sumber energi foton dan tumbukan antara ion Cr(VI) dengan elektron terhalangi yang menyebabkan fotoreduksi menurun (Anggraini et al., 2008).

### 3.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi Ion Cr(VI) yang Ditambahkan Remazol Yellow 5 ppm

Pengaruh variasi konsentrasi ion Cr(VI) sebesar 2,5, 5, 10, 20, dan 25 ppm ditambahkan Remazol Yellow 5 ppm, dan 50 mg  $\text{TiO}_2$ -Resin kemudian dilakukan pengadukan. Pengaruh variasi ini digunakan untuk mengetahui seberapa efektivitas fotoreduksi dengan adanya senyawa organik yang terkontrol konsentrasinya. Hasil pengujian disajikan pada gambar 5.



**Gambar 5.** Adanya pengaruh penambahan Remazol Yellow terhadap konsentrasi Ion Cr(VI)

Dari data grafik diperlihatkan adanya pengaruh penambahan Remazol Yellow 5 ppm dimasing-masing variasi konsentrasi ion Cr(VI). Pada konsentrasi 5 ppm terlihat efektivitas fotoreduksi tercapai optimum dan dapat dilihat juga pada konsentrasi 5 ppm Cr(VI) fotodegradasi juga mencapai optimum. Hal ini terjadi karena elektron yang tersedia dalam larutan semakin banyak. Eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi mengakibatkan adanya hole positif ( $h_{vb}^+$ ) di pita valensi terjadi pada saat  $\text{TiO}_2$  dikenai sinar UV. Radikal  $\bullet\text{OH}$  terbentuk oleh spesies  $h_{vb}^+$  yang terikat pada permukaan fotokatalis.

Reaksi pelepasan elektron dibandingkan dengan fotolisis molekul air berjalan relative cepat sehingga menghasilkan jumlah elektron yang lebih banyak pula. Hole yang dihasilkan pada pita valensi akan bertambah banyak pula seiring dengan bertambahnya elektron yang dihasilkan. Hal tersebut akan meningkatkan jumlah Radikal  $\bullet\text{OH}$  (Nor Basid et al., 2012). Kemudian  $\bullet\text{OH}$  yang

dihasilkan dalam larutan akan bereaksi secara keseluruhan dengan Remazol Yellow yang tersedia dalam sistem reaksi (Hoffmann et al., 1995). Hal itu membuat efektivitas fotoreduksi dan fotodegradasi optimum pada konsentrasi 5 ppm Cr(VI).

Efektivitas fotoreduksi meningkat karena proses inisiasi reaksi reduksi lebih banyak terjadi daripada penjerapan elektron pada pita konduksi. Penggabungan kembali antara elektron dan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) dapat dicegah dengan keberadaan senyawa Remazol Yellow (Lestari & Utomo, 2007). *Hole scavenger* atau penangkap  $\text{h}^+$  (senyawa yang mudah dioksidasi) dapat mempengaruhi peningkatan efektivitas fotoreduksi karena terdapat lebih banyak jumlah elektron yang tersedia untuk mereduksi ion Cr(VI).

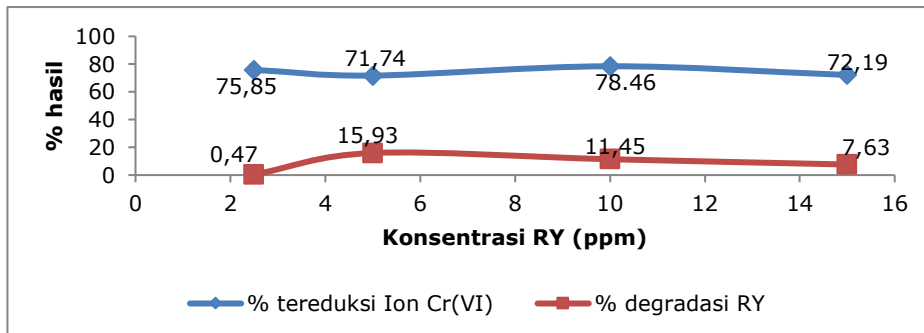
Kekuatan fotoreduksi menurun akibat konsentrasi ion yang tinggi. Hal ini dikarenakan ada beberapa kondisi yang mempengaruhi fotoreduksi ion Cr(VI). Kekentalan larutan terjadi akibat konsentrasi meningkat, karena sinar yang menjadi sumber energi terhalangi sehingga akan menghalangi tumbukan antara Cr(VI) dengan elektron yang mengakibatkan efektivitas fotoreduksi menjadi rendah (Anggraini et al., 2008).

Data grafik pada gambar 2.3 juga menunjukkan bahwa terjadi peningkatan fotodegradasi Remazol Yellow pada konsentrasi 5 ppm ion Cr(VI) sebesar 29,28 %. Hal ini dikarenakan pada proses inisiasi reaksi oksidasi yang dilakukan  $\bullet\text{OH}$  dengan senyawa Remazol Yellow lebih banyak sehingga penjerapan lubang  $\text{h}^+$  pada pinta valensi lebih sedikit (Dwi Andari & Wardhani, 2014). Pada kondisi lain penurunan efektivitas fotodegradasi Remazol yellow disebabkan katalis dapat mengalami adsorpsi. Seberapa besar Remazol Yellow teradsorpsi belum diketahui, untuk itu disarankan pada penelitian berikutnya.

Adanya konsentrasi ion Cr(VI) yang lebih tinggi aktivitas fotodegradasi tidak mengalami peningkatan dan tidak memberikan banyak pengaruh. Kondisi ini memungkinkan karena jumlah elektron yang mengalami eksitasi relatif tetap sehingga semua elektron bereaksi dengan Cr(VI) (Anggraini et al., 2008). Dalam suatu reaksi Remazol Yellow pada permukaan katalis semakin banyak menyebabkan larutan menjadi keruh sehingga sinar yang menjadi sumber foton terhalangi (Sunardi et al., 2008). Hal itu membuat ketersediaan  $\bullet\text{OH}$  radikal berkurang dan menyebabkan proses degradasi menurun.

### 3.5 Pengaruh Penambahan Variasi Konsentrasi Remazol Yellow terhadap Ion Cr(VI) Terkatalisis $\text{TiO}_2$ -Resin

Penambahan variasi konsentrasi Remazol Yellow terhadap fotoreduksi ion Cr(VI) yang terkatalisis  $\text{TiO}_2$ -Resin dapat meningkatkan efektivitas fotoreduksi. Hal tersebut dilakukan dalam kondisi larutan konsentrasi tetap Cr(VI) 5 ppm yang ditambahkan variasi konsentrasi Remazol Yellow sebesar 2,5, 5, 10, dan 15 ppm dan ditambahkan 50 mg  $\text{TiO}_2$ -Resin kemudian dilakukan pengadukan dan penyinaran selama 48 jam. Hasil ditunjukkan pada gambar 6 sebagai berikut:



**Gambar 6.** Pengaruh variasi konsentrasi Remazol Yellow terhadap fotoreduksi ion Cr(VI)

Data kurva grafik no.6 menunjukkan bahwa pada penambahan variasi konsentrasi Remazol Yellow terhadap 5 ppm Cr(VI) menunjukkan efektivitas fotoreduksi  $\text{Cr}^{+6}$  optimum pada konsentrasi Remazol Yellow 10 ppm sebesar 78,46%. Sedangkan efektivitas fotodegradasi Remazol Yellow pada 10 ppm menurun. Efektivitas fotoreduksi ion meningkat karena ketersediaan elektron yang banyak dan tepat mereduksi ion Cr(VI). Banyaknya *hole* terbentuk akibat elektron yang banyak namun diasumsikan *hole* yang dihasilkan tidak semuanya membentuk  $\bullet\text{OH}$  karena *hole* terjebak dalam trapping lubang, sehingga fotodegradasi pada 10 ppm Remazol Yellow mengalami penurunan.

Menurunnya efektivitas fotoreduksi  $\text{Cr}^{+6}$  disebabkan beberapa kondisi diantaranya hasil reduksi  $\text{Cr}^{6+}$  yang banyak menyebabkan ion  $\text{Cr}^{+3}$  yang dihasilkan menempel pada permukaan katalis dan membuat larutan menjadi keruh sehingga menghalangi sinar yang masuk, serta ada konsentrasi Remazol Yellow yang banyak juga mempengaruhi sinar UV yang sampai pada katalis. Hal itu menyebabkan sinar yang menjadi sumber foton terhalangi dan kondisi permukaan katalis dapat

melakukan adsorpsi. Untuk mengetahui seberapa banyak Cr(VI) yang teradsorpsi, disarankan untuk penelitian selanjutnya.

Remazol Yellow dalam sistem reaksi bertambah karena terjadi peningkatan konsentrasinya. Jumlah molekul Remazol Yellow bertambah, maka proses inisiasi reduksi akan semakin banyak terjadi daripada penjerapan elektron yang menyebabkan penggabungan kembali  $e^-$  dengan  $h^+$ , sehingga dengan keberadaan Remazol Yellow dapat mencegah penggabungan kembali elektron dan hole ( $h^+$ ) secara efektif (Anggraini et al., 2008). Rekombinasi elektron dan hole yang dilakukan pencegahan secara relatif, memungkinkan terdapatnya elektron yang dibutuhkan dalam mereduksi  $Cr^{6+}$  dengan jumlah yang tetap dan relatif banyak sehingga keefektifan fotoreduksi akan berlangsung.

Adanya pengaruh Remazol Yellow terhadap fotoreduksi ion Cr(VI), dilakukan dengan menggunakan analisis anova two factor yang ditunjukkan pada table anova sebagai berikut:

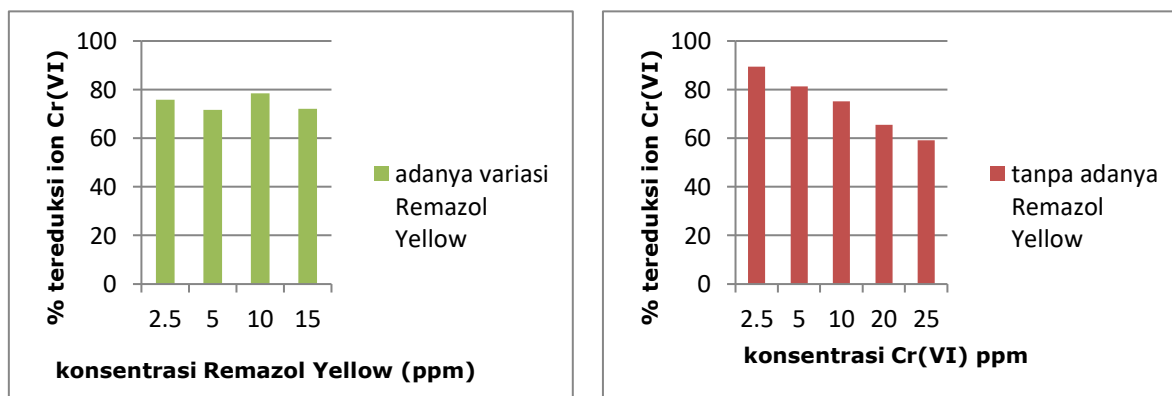
**Tabel.1** Hasil perhitungan anova

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.044622	1	0.044622	179.9743	1.85E-11	4.351244
Columns	336.9374	4	84.23436	339746	5.24E-48	2.866081
Interaction	7.686335	4	1.921584	7750.405	1.36E-31	2.866081
Within	0.004959	20	0.000248			
Total	344.6734	29				

keterangan: SS(sum square); df (fungsi f); MS(mean square); F(Value); p-value (mean F hitung); f crit (mean F tabel)

Dilihat dari table di atas menunjukkan  $f_1$  hitung sebesar (179.9743),  $f_2$  hitung sebesar (339746), dan  $f_3$  hitung sebesar (7750.405), nilai f hitung yang didapat lebih besar dari nilai f table (4.351), (2.866), (2.866). Hal ini berartikan bahwa keberadaan Remazol Yellow mempengaruhi fotoreduksi ion Cr(VI) dan sebaliknya keberadaan ion Cr(VI) juga mempengaruhi fotodegradasi Remazol Yellow.

Keberadaan Remazol Yellow yang mempengaruhi fotoreduksi ion Cr(VI) dapat diperjelas dengan diagram batang pada gambar 7 sebagai berikut:



**Gambar 7.** Diagram perbandingan % tereduksi ion Cr(VI) dengan adanya Remazol Yellow dan tanpa Remazol Yellow

Dilihat dari diagram batang diatas, terdapat perbedaan persen tereduksi dengan adanya Remazol Yellow dan tanpa Remazol Yellow. Dengan adanya Remazol Yellow, persen tereduksi ion Cr(VI) meningkat dan tidak mengalami penurunan secara tajam. Namun tanpa adanya Remazol Yellow persen tereduksi ion Cr(VI) mengalami penurunan secara tajam. Maka dari itu dengan keberadaan atau penambahan Remazol Yellow dapat mempengaruhi fotoreduksi ion Cr(VI).

Dari data gambar 7. efektivitas fotodegradasi Remazol yellow berada pada konsentrasi Remazol Yellow 5 ppm sebesar 15,93%. Beberapa faktor menyebabkan efektivitas fotodegradasi menurun, diantaranya Remazol Yellow merupakan zat warna yang memiliki struktur kompleks dengan banyaknya konsentrasi Remazol Yellow membuat larutan semakin pekat, sehingga menghalangi masuknya sinar yang menjadi sumber foton. Adanya Radikal  $\bullet OH$  yang terbentuk relatif tetap menyebabkan Remazol Yellow menangkap hampir seluruh Radikal  $\bullet OH$  tersebut (Anggraini et al., 2008). Semakin banyak konsentrasi dalam larutan, maka semakin banyak pula jumlah molekul Remazol Yellow akibatnya terjadi kompetisi antara molekul Remazol Yellow, begitu juga kompetisi dengan ion Cr(VI) sehingga fotodegradasi dan fotoreduksi semakin

menurun. Diasumsikan pula bahwa penggunaan TiO<sub>2</sub>-Resin dengan sinar UV dalam perlakuan zat warna Remazol Yellow mengalami adsorpsi dan fotodegradasi atau proses kombinasi (Sunardi et al., 2012). Kemungkinan mekanisme degradasi Remazol Yellow sama dengan mekanisme degradasi Metyl Orange. Kesamaannya dilihat dari persamaan gugus Azo dari zat warna tersebut dan tidak hanya senyawa azo yang terdegradasi tetapi gugus reaktif dari Remazol Yellow juga ikut terdegradasi dengan menghasilkan radikal fenil, fenoksi, dan senyawa lain.

#### 4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian efektifitas peningkatan fotoreduksi didapatkan pada waktu 48 jam,
2. adanya Remazol Yellow yang ditambahkan mempengaruhi efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) dengan capaian optimum pada konsentrasi 5 ppm ion Cr(VI) sebesar 76,44% namun pada konsentrasi lebih tinggi efektivitas fotoreduksi menurun,
3. adanya variasi konsentrasi Remazol Yellow efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) capaian optimum pada konsentrasi 10 ppm Remazol Yellow sebesar 78,46%, akan tetapi untuk konsentrasi Remazol Yellow yang lebih tinggi efektivitas fotoreduksi menurun.

#### Daftar Pustaka

- Angraini, D. I., Wahyuni, E. T., & Mudasir. (2008). Pengaruh p-Klorofenol terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Hg(II) yang Dikatalisis TiO<sub>2</sub>. *JSKA*, 11(2), 29-33.
- Darminto, & Suryaning, G. K. (2008). Pengaruh Waktu Kontak Tanah Diatomeae Terhadap Peningkatan Hasil Reduksi Cr(VI) oleh Fotokatalisis TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Chemica*, 9(2), 1-7.
- DwiAndari, N., & Wardhani, S. (2014). Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog.*, 7(1), 9-14.
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., & Bahnemann, D. W. (1995). Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chem. Rev.*, 95(1), 69-96.
- Kožuh, N., Štupar, J., & Gorenc, B. (2000). Reduction and oxidation processes of chromium in soils. *Environmental Science and Technology*, 34(1), 112-119. <https://doi.org/10.1021/es981162m>
- Lestari, D. E., & Utomo, S. B. (2007). Karakteristik Kinerja Resin Penukar Ion Pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS. *Seminar Nasional III: SDM Teknologi Nuklir*, 95-104.
- Mawardi, Rahmi Khairun Nisa. 2013. Optimasi Tanah Napa sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (IV). *Chemistry Journal of State University of Padang. Periodic*, Vol 2 No 1 (2013) : <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>.
- Nor Basid Adiwibawa Prasetya, Abdul Haris, Gunawan. (2012). Pengaruh Ion Logam Cd(II) Dan Ph Larutan Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Remazol Black B Menggunakan Katalis TiO<sub>2</sub>. *Molekul*, Vol. 7. No. 2. November, 2012: 143 - 152.
- Nguyen, V. N. H., Amal, R., & Beydoun, D. (2003). Effect of formate and methanol on photoreduction/removal of toxic cadmium ions using TiO<sub>2</sub> semiconductor as photocatalyst. *Chemical Engineering Science*, 58(19), 4429-4439. [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(03\)00336-1](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(03)00336-1)
- Ridho, R., Wahyuni, T., & Suyanta. (2013). Imobilisasi TiO<sub>2</sub> ke dalam Resin Penukar Kation dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis dalam Proses Fotoreduksi Ion Hg<sup>2+</sup>. *Valensi*, 3(2), 93-99.
- Riyani, K., & Setyaningtyas, T. (2009). Pemanfaatan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Untuk Mereduksi Ion Timbal. *Molekul*, 4(1), 6-11.
- Sunardi, Utami Irawati, Nora Rotua Sybianti. (2012). Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Kaolin-TiO<sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna Rhodamine B. *Sains dan Terapan Kimia*, Vol.6, No. 2 (Juli 2012), 118 - 129
- Thamaphat, K., Limsuwan, P., & Ngotawornchai, B. (2008). Phase Characterization of TiO<sub>2</sub> Powder by XRD and TEM. *Kasetsart J. (Nat.Sci.)*, 42(5), 357-361.
- Uripto Trisno Santoso<sup>1</sup>, Herdiansyah<sup>2</sup>, Sri Juara Santosa<sup>3</sup>, Dwi Siswanta. 2007. Pengaruh Subfraksinasi Dan Ph Terhadap Sensitisasi Asam Humat Pada Fotoreduksi Cr(VI) Menjadi Cr(III) Oleh Semikonduktor ZnO. *Sains dan Terapan Kimia*, Vol.1, No. 1 (Januari 2007), 29 - 38.