

## FOTOREDUKSI ION LOGAM Cr(VI) MENJADI Cr(III) MENGGUNAKAN KATALIS ZnO/KITOSAN

N. W. A. Widiantari, N. P. Diantariani\* dan I W. B. Suyasa

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia*

*\*Email: [putu\\_diantariani@unud.ac.id](mailto:putu_diantariani@unud.ac.id)*

---

### ABSTRAK

Fotoreduksi merupakan metode alternatif dalam pengolahan ion logam kromium heksavalen Cr(VI). Dalam penelitian ini dilakukan fotoreduksi ion logam Cr(VI) menjadi Cr(III) menggunakan katalis ZnO/kitosan dengan penyinaran sinar UV dan dianalisis menggunakan spektrofotometer sinar tampak. Katalis ZnO/kitosan disintesis menggunakan metode sol-gel. Karakterisasi katalis dilakukan dengan menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*). Pengujian fotoreduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dilakukan pada pH, waktu radiasi dan massa katalis optimum. Hasil karakterisasi FTIR ZnO/kitosan menunjukkan keberadaan gugus NH<sub>2</sub>, -OH, C-H, dan regangan Zn-O. Karakterisasi menggunakan XRD pada ZnO dan ZnO/kitosan menunjukkan keberadaan kristal ZnO yang berbentuk heksagonal *Wurtzite*. Ukuran kristal ZnO setelah diembankan pada kitosan dari 67,09 nm menjadi 12,61 nm. pH terbaik fotoreduksi Cr(VI) menggunakan katalis ZnO/kitosan terjadi pada pH 3 dengan persentase fotoreduksi (88,61 ± 0,07)%. Waktu optimum ZnO/kitosan untuk mereduksi Cr(VI) adalah 360 menit dengan persentase fotoreduksi sebesar (92,59 ± 0,12)% dan massa katalis untuk mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) adalah 50 mg dengan persentase fotoreduksi sebesar (92,67 ± 0,12)%. ZnO/kitosan sangat efektif dalam mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dengan penyinaran sinar UV, dimana pada kondisi optimumnya memberikan persentase fotoreduksi sebesar (92,92 ± 0,20)%.

**Kata kunci:** fotoreduksi, kromium heksavalen, ZnO/kitosan.

### ABSTRACT

Photoreduction is an alternative method in the treatment of chromium hexavalent ions. In this study, photoreduction of ions Cr(VI) to Cr(III) was carried out using a ZnO/chitosan catalyst under UV light irradiation and analyzed using a visible spectrophotometer. The ZnO/chitosan catalyst, synthesized using the sol-gel method, was characterized using XRD (*X-ray Diffraction*) and FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*). The photoreduction examinations of Cr(VI) to Cr(III) were done at the optimum pH condition, irradiation time, and catalyst mass. The FTIR characterization results of ZnO/chitosan showed the presence of NH<sub>2</sub>, -OH, C-H, and Zn-O strains. The characterization using XRD on ZnO and ZnO/chitosan showed the presence of hexagonal *Wurtzite* ZnO crystals. The size of ZnO crystals after being embedded in chitosan decreased from 67.09 nm to 12.61 nm. The best pH of Cr(VI) photoreduction using a ZnO/chitosan catalyst occurred at pH 3 with a photoreduction percentage of (88.61 ± 0.07)%. The photoreduction of Cr(VI) to Cr(III) reached the optimum condition at 360 minutes with a photoreduction percentage of (92.59 ± 0.12)%. The mass of the catalyst on the photoreduction Cr(VI) was 50 mg with a photoreduction percentage of (92.67 ± 0.12)%. ZnO/chitosan was very effective in reducing Cr(VI) to Cr(III) by irradiating UV light, which gave a photoreduction percentage of (92.92 ± 0.20)% at the optimum condition.

**Keywords:** chromium hexavalent, photoreduction, ZnO/chitosan.

### PENDAHULUAN

Logam kromium (Cr) merupakan salah satu logam berat yang bersifat karsinogenik. Air limbah yang mengandung ion logam Cr(VI) dihasilkan dari industri penyamakan kulit, industri elektroplating, industri pelapisan logam dengan krom. Menurut Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Kegiatan Industri Pertambangan dengan Metode Lahan Basah Nomor 5 tahun 2022, batas kadar logam Cr dalam limbah cair adalah 0,1 - 0,5 mg/L. Keberadaan logam kromium (VI) dengan konsentrasi tinggi di lingkungan akan mengancam kelangsungan hidup biota perairan dan pada akhirnya akan

menyebabkan masalah kesehatan pada manusia (Anjum, *et al.*, 2023). Mengingat dampak negatif yang dihasilkan dari ion logam Cr(VI) terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, diperlukan penanganan ion logam Cr(VI) yang efektif dan efisien sehingga aman dibuang ke lingkungan. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi ion logam Cr(VI) adalah metode fotoreduksi (Wahyuni *et al.*, 2022 dan Naimi-Joubani *et al.*, 2015).

Metode fotoreduksi melibatkan sinar UV dan fotokatalis (Saraswati dkk., 2015). Fotokatalis memegang peran penting dalam metode fotoreduksi, karena dalam prosesnya ketika katalis diberi sinar UV, maka elektron pada pita valensi akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu pada pita konduksi dan meninggalkan *hole* pada pita valensi ( $h^+_{VB}$ ). Elektron pada pita konduksi ( $e^-_{CB}$ ) akan mereduksi ion logam Cr(VI) (Yuan, 2017). Fotokatalis semikonduktor banyak mendapat perhatian untuk dikembangkan karena aman bagi lingkungan, dan relatif murah. Beberapa jenis semikonduktor kelompok oksida yang dapat digunakan sebagai fotokatalis seperti titanium oksida ( $TiO_2$ ), seng oksida ( $ZnO$ ), besi(III) oksida ( $Fe_2O_3$ ), zirconia ( $ZrO_2$ ), vanadium(V) oksida ( $V_2O_5$ ), niobium pentoksida ( $Nb_2O_5$ ) dan tungsten trioksida ( $WO_3$ ) (Lee, *et al.*, 2016). Seng oksida ( $ZnO$ ) merupakan katalis yang menarik untuk dipelajari karena memiliki energi celah pita (*band gap*) yang hampir sama dengan  $TiO_2$  yaitu 3,37 eV (Liu, *et al.* 2019) dan memiliki aktivitas katalitik yang tinggi (Natalina, 2017).

Penggunaan  $ZnO$  sebagai fotokatalis untuk mereduksi ion logam Cr(VI) telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Liu (2011) dalam penelitiannya menghasilkan persentase fotoreduksi Cr(VI) dengan fotokatalis  $ZnO$  mencapai 67%. Dalam penggunaan sebagai katalis, seng oksida ( $ZnO$ ) memiliki beberapa kelemahan yaitu kemampuan penyerapan yang kurang (Liu *et al.*, 2015). Untuk meningkatkan aktivitas katalitiknya,  $ZnO$  perlu dikombinasikan dengan material adsorben seperti kitosan (Putra, 2022). Pengembangan  $ZnO$  pada kitosan akan membatasi pertumbuhan partikel  $ZnO$  bahkan sampai ukuran nano.  $ZnO$  dengan ukuran nano bersifat lebih reaktif dan memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan dengan  $ZnO$  bulk. Meningkatnya luas permukaan fotokatalis yang dihasilkan dari  $ZnO$ /kitosan meningkatkan jumlah ion logam Cr(VI) yang terserap pada

fotokatalis sehingga memperbesar peluang kontak antara Cr(VI) dengan elektron fotogenerasi yang dihasilkan fotokatalis, dengan demikian semakin banyak ion logam Cr(VI) yang akan mengalami fotoreduksi menjadi Cr(III).

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh pengembangan  $ZnO$  pada kitosan terhadap karakteristik  $ZnO$ /kitosan yang dihasilkan. Disamping itu, juga dipelajari kondisi optimum dalam proses fotoreduksi ion logam Cr(VI) meliputi pH, massa katalis, waktu fotoreduksi dan efektivitas katalis. Hasil dari sintesis  $ZnO$ /Kitosan dianalisis dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui perubahan gugus fungsi selama pembentukan katalis dan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengidentifikasi struktur kristal katalis.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan (sigma aldrich medium molecular wight 448877-50G) ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $ZnO$  99% AR, etanol 96 %, 1,5-difenilkarbazida 0,5%, aseton, HCl, akuades, NaOH,  $CH_3COOH$  2%, dan  $H_2SO_4$  0,5 M.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, timbangan analitik, stirer, oven, kertas pH, desikator, botol vial, reaktor fotokatalisis yang dilengkapi dengan lampu UV Sankyo Denki G20T10 dan pengaduk magnetik dengan 12 beker ukuran 50 mL, spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Prestige-21 Shimadzu, spektrofotometer *X-Ray Diffraction* (XRD) LAB-X XRD-6000 Shimadzu dan spektrofotometer Visible Model 721.

### Cara Kerja

#### Sintesis $ZnO$ /kitosan

Sintesis  $ZnO$ /kitosan dilakukan dengan menambahkan 4 g seng oksida ke dalam 150 mL asam asetat 2% dan dihomogenkan selama 20 menit. Selanjutnya ditambahkan 1 g kitosan yang telah dilarutkan dalam 100 mL larutan asam asetat 2% dan dipanaskan sambil diaduk pada suhu 60 °C selama 3 jam. Setelah 3 jam, ditambahkan NaOH hingga mencapai pH 10. Campuran disaring dan endapan yang terbentuk dicuci dalam akuades hingga mencapai pH

netral. Endapan yang telah netral dipanaskan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.

### Karakterisasi ZnO/kitosan

ZnO/kitosan yang dihasilkan dikarakterisasi dengan *X-ray Diffraktometer* untuk mengidentifikasi struktur kristal material dan *Fourier Transform Infrared* untuk mempelajari perubahan gugus fungsional selama proses pembentukan fotokatalis ZnO/kitosan.

### Analisis Cr(VI) dengan Spektrofotometer Sinar Tampak

Larutan sampel dipipet sebanyak 2 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan 1 mL larutan difenilkarbazida 0,5% dan 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M, lalu diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Selanjutnya diukur absorbansi masing-masing larutan sampel dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang maksimum

### Penentuan pH Optimum Fotoreduksi

pH larutan Cr(VI) 50 ppm diatur pada pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan penambahan larutan HCl atau NaOH. Selanjutnya ke dalam sembilan buah gelas beker 50 mL dimasukkan 20,0 mL larutan Cr(VI) 50 ppm yang telah diatur pHnya dan ditambahkan 50 mg fotokatalis ZnO/kitosan. Campuran dimasukkan ke kotak radiasi dan diradiasi dengan sinar UV selama 300 menit. Analisis Cr(VI) yang tereduksi dilakukan dengan spektrofotometer sinar tampak, dimana persentase fotoreduksi (%F<sub>r</sub>) dihitung dengan Persamaan 1.

$$\%F_r = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

C<sub>0</sub> = konsentrasi awal dari Cr(VI)

C<sub>t</sub> = konsentrasi Cr(VI) pada waktu radiasi t menit

Prosedur yang sama juga dilakukan dengan menggunakan fotokatalis ZnO serta kitosan sebagai pembanding.

### Penentuan Waktu Radiasi Optimum Fotoreduksi Ion Logam Cr(VI) menjadi Cr(III) Menggunakan ZnO/kitosan

Ke dalam delapan buah gelas beker 50 mL ditambahkan 20,0 mL larutan Cr(VI) 50 ppm, 50 mg fotokatalis ZnO/kitosan dan diatur pHnya pada pH optimum. Suspensi diradiasi

dengan sinar UV dengan variasi waktu 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, dan 480 menit sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Persentase fotoreduksi (%F<sub>r</sub>) dihitung dengan Persamaan 1. Prosedur yang sama juga dilakukan dengan menggunakan fotokatalis ZnO serta kitosan sebagai pembanding.

### Penentuan Massa Optimum Fotoreduksi Ion Cr(VI) menjadi Cr(III) Menggunakan ZnO/kitosan

Penentuan massa fotokatalis ZnO/kitosan optimum dilakukan dengan menambahkan jumlah ZnO/kitosan dengan variasi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg ke dalam 20,0 mL larutan Cr(VI) 50 ppm diatur pHnya pada pH optimum. Campuran Cr(VI) dan ZnO/kitosan diradiasi dengan sinar UV sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama waktu optimum. Persentase fotoreduksi (%F<sub>r</sub>) dihitung dengan Persamaan 1. Prosedur yang sama juga dilakukan dengan menggunakan fotokatalis ZnO serta kitosan sebagai pembanding

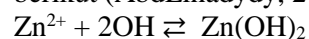
### Penentuan Efektivitas Fotoreduksi Ion Logam Cr(VI) menjadi Cr(III) Menggunakan ZnO/kitosan

Penentuan efektivitas fotoreduksi dilakukan pada tujuh kondisi yaitu : (i) tanpa katalis dengan sinar UV, (ii) katalis kitosan tanpa UV, (iii) katalis kitosan dengan UV, (iv) katalis ZnO tanpa UV, (v) katalis ZnO dengan UV, (vi) katalis ZnO/kitosan tanpa UV, (vii) katalis ZnO/kitosan dengan UV. Ke dalam tiga buah gelas beker 50 mL ditambahkan 20,0 mL larutan Cr(VI) 50 ppm, fotokatalis dengan massa optimum dan diatur pHnya pada pH optimum. Analisis Cr(VI) yang tereduksi dilakukan dengan spektrofotometer sinar tampak, dimana persentase fotoreduksi (%F<sub>r</sub>) dihitung dengan Persamaan 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fotokatalis ZnO/kitosan Hasil Sintesis

Katalis ZnO/kitosan dibuat dengan mencampurkan ZnO dan kitosan dalam asam asetat 2% yang diaduk pada suhu 60°C selama 3 jam. Ketika ZnO dalam asam asetat terbentuk Zn<sup>2+</sup> dan dengan penambahan NaOH terbentuk senyawa Zn(OH)<sub>2</sub> dengan reaksi sebagai berikut (Abdelhady, 2012):



Gugus NH<sub>2</sub> dan OH pada kitosan dapat membentuk ikatan dengan ion logam, dengan

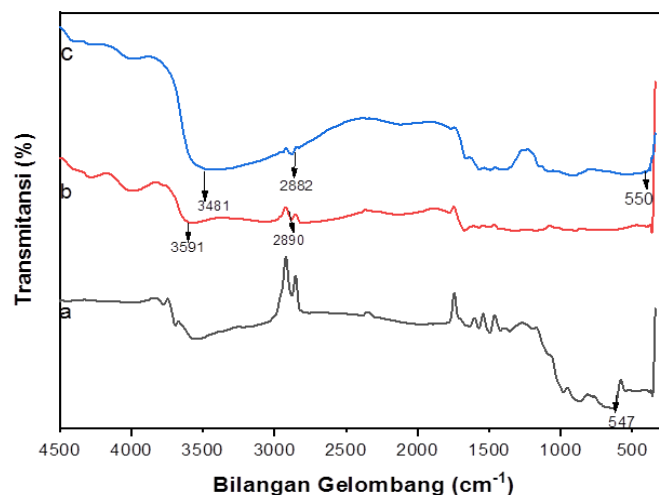
penambahan pH larutan menjadi pH = 10 sehingga terbentuk kompleks nanopartikel ZnO/kitosan (AbdEhaldy, 2012). Karakteristik fisik ZnO/kitosan hasil sintesis berbentuk serbuk berwarna putih.

### Karakterisasi Katalis Kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan Menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisis dengan menggunakan spektrofotometer infra merah dilakukan dengan tujuan untuk mengkonfirmasi ZnO dengan kitosan sebagai material pengemban dengan mengidentifikasi pita serapan dari gugus fungsional. Spektra FT-IR ZnO/kitosan, kitosan dan ZnO ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Pada spektrum FT-IR katalis ZnO puncak serapan pada bilangan gelombang  $547\text{cm}^{-1}$  diidentifikasi sebagai daerah regangan Zn-O. Menurut Wahyuni dkk. (2022) pita serapan ZnO berkisar pada bilangan gelombang  $400\text{-}680\text{ cm}^{-1}$ . Serapan pada

bilangan gelombang  $3591\text{ cm}^{-1}$  pada katalis kitosan diidentifikasi adanya gugus -OH yang bertumpang tindih dengan  $\text{NH}_2$ . Puncak serapan pada bilangan gelombang  $2890\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H. Pada katalis ZnO/kitosan puncak serapan pada bilangan gelombang  $3500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$  mengalami pelebaran dengan intensitas yang lebih kuat dibandingkan dengan spektrum FTIR pada kitosan. Gugus hidroksil (-OH) dan  $\text{NH}_2$  pada katalis ZnO/kitosan muncul pada bilangan gelombang  $3481\text{ cm}^{-1}$  sedangkan pada katalis kitosan muncul pada bilangan gelombang  $3591\text{ cm}^{-1}$ , terjadinya pergeseran bilangan gelombang menunjukkan adanya interaksi antara molekul ZnO dengan gugus  $\text{NH}_2$  dan -OH pada kitosan. Puncak serapan pada bilangan gelombang  $2882\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H. Adanya puncak pada bilangan gelombang  $550\text{ cm}^{-1}$  pada ZnO/kitosan diidentifikasi sebagai daerah regangan Zn-O menunjukkan telah terbentuk katalis ZnO/kitosan.



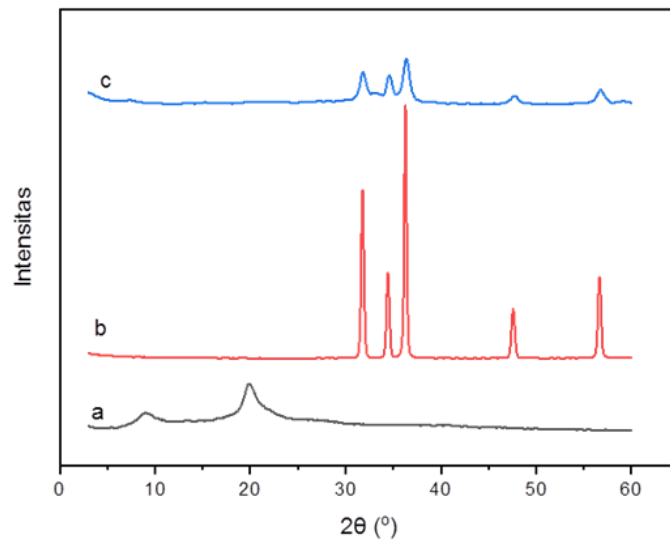
**Gambar 1.** Spektra FT-IR dari a. ZnO; b. kitosan; c. ZnO/kitosan

### Karakterisasi Kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan Menggunakan *X-Ray Diffraction*

Analisis menggunakan *X-Ray Diffraction* dilakukan untuk memperoleh pola difraksi sinar X pada material yang menunjukkan struktur kristal material. Identifikasi dilakukan pada rentang  $2\theta = 3\text{-}60^\circ$ . Pola difraksi sinar-X dari kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dari hasil analisis XRD, terlihat bahwa kitosan memiliki struktur kristalin dengan puncak utama pada  $8,81^\circ$  dan  $19,86^\circ$ . Pretty

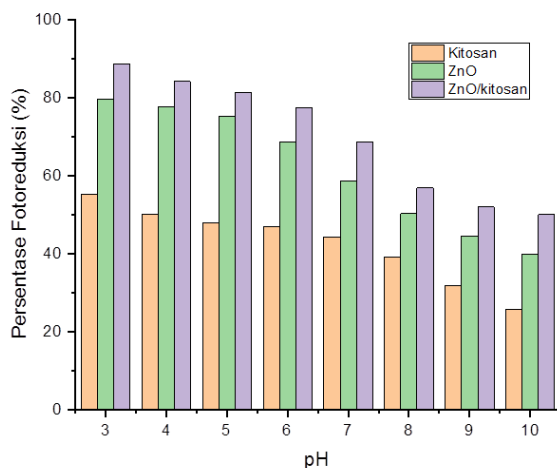
(2017) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa kitosan memiliki bentuk ortorombik dengan puncak difraksi yang sama. Pola difraksi sinar-X dari ZnO (Gambar 3b) memberikan puncak-puncak karakteristik pada  $2\theta$ :  $31,80^\circ$ ;  $34,44^\circ$ ;  $36,27^\circ$ ;  $47,55^\circ$  dan  $56,60^\circ$ . Sementara itu, pola XRD dari katalis ZnO/kitosan (Gambar 3c) menunjukkan puncak-puncak khas pada  $2\theta$ :  $31,77^\circ$ ;  $34,61^\circ$ ;  $36,35^\circ$  dan  $56,69^\circ$  dengan struktur heksagonal *Wurtzite*. Ukuran rata-rata kristal ZnO dan katalis ZnO/kitosan adalah berturut-turut sebesar  $67,09\text{ nm}$ .



**Gambar 2.** Difraksi SinarX dari a. Kitosan; b. ZnO; c. ZnO/kitosan

### Pengaruh pH terhadap Efektivitas Fotoreduksi Kromium Heksavalen Cr(VI) menggunakan Katalis ZnO/kitosan

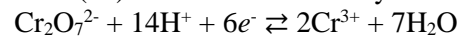
Data hasil fotoreduksi pada **Gambar 3**. menunjukkan bahwa persentase fotoreduksi semakin menurun dengan bertambahnya nilai pH. Persentase fotoreduksi Cr(VI) paling tinggi terjadi pada pH 3 dengan persentase fotoreduksi secara berturut-turut oleh ketiga katalis kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan 55,36%; 79,67% dan 88,61%.



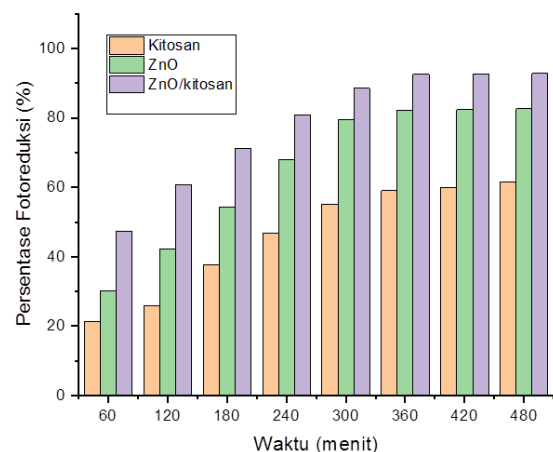
**Gambar 3.** Grafik Hubungan antara pH dengan Persentase Fotoreduksi Cr(VI)

Pada pH asam, katalis mengalami protonasi sehingga bermuatan positif dan pada kondisi asam Cr(VI) ada sebagai spesies  $\text{HCrO}_4^-$  dalam kesetimbangan dengan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Hal ini menyebabkan Cr(VI) sebagai  $\text{HCrO}_4^-$

dan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dapat terserap secara efektif pada permukaan katalis sehingga proses fotoreduksi menjadi lebih optimal. Potensial reduksi dari Cr(VI) menjadi Cr(III) pada kondisi asam ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ ) sangat besar yaitu +1,36 V yang artinya pada kondisi asam Cr(VI) sangat mudah tereduksi (Yuan dkk., 2017). Menurut Harvey (2000), terjadinya reaksi reduksi Cr(VI) menjadi Cr (III) dalam kondisi asam yaitu:



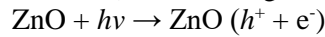
### Pengaruh waktu pada efektivitas fotoreduksi Cr(VI) dengan Katalis ZnO/Kitosan



**Gambar 4.** Grafik Hubungan antara Waktu dengan Persentase Fotoreduksi Cr(VI)

**Gambar 4** menunjukkan bahwa persentase fotoreduksi Cr(VI) dengan katalis kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan mengalami

kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu radiasi. Kenaikan persentase reduksi ini terjadi karena fotokatalis ZnO dapat menghasilkan *electron-hole* ketika disinari dengan energi foton yang lebih tinggi dari energi celah pita ZnO (Preethi, 2017), sesuai dengan reaksi :



Ketika katalis disinari dengan sinar UV, elektron fotogenerasi akan mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III). Semakin lama waktu radiasi maka elektron yang terbentuk juga semakin banyak sehingga ion logam Cr(VI) yang tereduksi juga Persentase fotoreduksi Cr(VI) dihasilkan pada menit ke 360 sebesar 59,11% pada penambahan kitosan, 82,25% pada penambahan ZnO dan 92,59% pada penambahan ZnO/kitosan.

### Pengaruh Massa Terhadap Efektivitas Fotoreduksi Kromium Heksavalen Cr(VI) menggunakan Katalis ZnO/kitosan

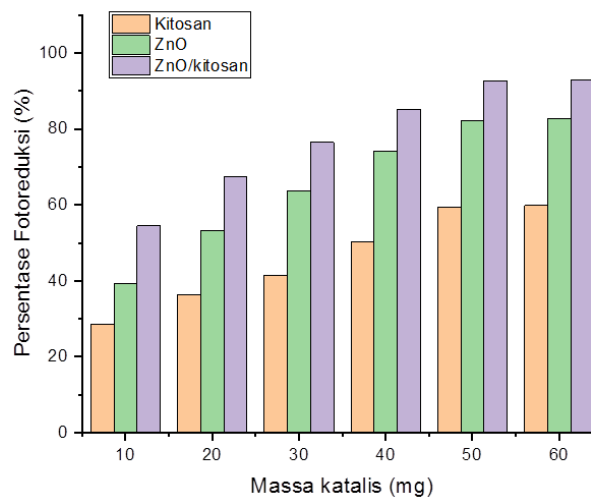
Bertambahnya massa katalis maka jumlah ZnO yang tersedia untuk menyerap foton juga semakin bertambah sehingga menghasilkan *electron-hole* yang semakin banyak, dengan demikian semakin banyak Cr(VI) yang tereduksi (Preethi, 2017).

Persentase fotoreduksi cenderung konstan diatas penambahan 50 mg katalis disebabkan karena katalis yang terlalu banyak, dapat menghalangi penetrasi foton, sehingga ada partikel katalis tidak terpapar oleh foton.

Berdasarkan **Gambar 5**, dapat dilihat bahwa persentase fotoreduksi dengan penambahan katalis kitosan, ZnO dan ZnO/kitosan secara berturut-turut adalah 59,41%; 82,30% dan 92,67%.

### Efektivitas Fotoreduksi Cr(VI) dengan Katalis ZnO/kitosan pada Kondisi Optimum

Pada penelitian ini dilakukan penambahan etanol pada larutan Cr(VI) sebelum proses fotoreduksi yang bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan elektron sebagai pereduksi, etanol bertindak sebagai penangkap hole sehingga menghalangi reaksi rekombinasi elektron dengan hole. Dengan demikian ketersediaan elektron sebagai zat pereduksi lebih banyak. Hasil persentase fotoreduksi pada kondisi optimum menggunakan katalis kitosan, ZnO, dan ZnO/kitosan disajikan pada **Tabel 1**.

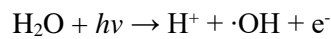


**Gambar 5.** Grafik Hubungan antara Massa dengan Persentase Fotoreduksi Cr(VI)

**Tabel 1.** Efektivitas Fotoreduksi Fotoreduksi Kromium Heksavalen Cr(VI) menggunakan Katalis pada Kondisi Optimum

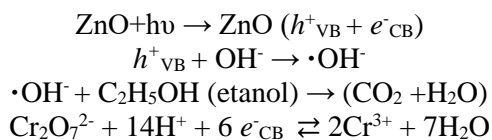
Perlakuan	Persentase Fotoreduksi			
	Tanpa katalis	Kitosan	ZnO	ZnO/kitosan
Tanpa sinar UV	-	34, 31 ± 0,85	63,49 ± 0,33	70,17 ± 0,33
Dengan sinar UV	8,00 ± 0,95	59,51 ± 0,80	82,36 ± 0,23	92,92 ± 0,20

Fotoreduksi Cr(VI) walaupun tidak menggunakan katalis, reduksi tetap terjadi. Kondisi ini terjadi karena paparan sinar UV menyebabkan H<sub>2</sub>O melepaskan elektron disertai dengan terbentuknya radikal OH dan ion H<sup>+</sup>, elektron akan ditangkap oleh Cr(VI) sehingga terjadi reduksi menjadi Cr(III) (Diantariani, 2021). Mekanisme reaksi secara umum yaitu:



Pada kondisi menggunakan katalis tanpa penyinaran persentase fotoreduksi Cr(VI) lebih sedikit dibandingkan dengan penyinaran. Hal ini terjadi disebabkan pada kondisi tanpa penyinaran kromium heksavalen Cr(VI) hanya teradsorpsi pada permukaan katalis saja

Pada kondisi dengan penyinaran sinar UV menggunakan katalis ZnO/kitosan menghasilkan persentase fotoreduksi lebih besar dibandingkan dengan katalis ZnO. Hal ini terjadi ketika luas permukaan katalis lebih besar dan kemampuan untuk menyerap Cr(VI) lebih tinggi maka semakin banyak Cr(VI) yang terserap pada permukaan katalis dan menyebabkan proses fotoreduksi menjadi lebih efektif. Proses fotokatalisis ZnO yaitu:



Persentase fotoreduksi tertinggi terjadi pada kondisi optimum dengan katalis ZnO/kitosan disertai dengan penyinaran sinar tampak, dengan rata-rata persentase fotoreduksi sebesar (92,92 ± 0,20)%

## SIMPULAN

Karakteristik pada katalis ZnO/kitosan menunjukkan keberadaan gugus NH<sub>2</sub>, -OH, C-H, N-H dan regangan Zn-O. Karakterisasi menggunakan XRD pada ZnO dan ZnO/kitosan menunjukkan keberadaan kristal ZnO yang berbentuk heksagonal *Wurtzite* dengan ukuran rata-rata kristal ZnO dan katalis ZnO/kitosan adalah berturut-turut sebesar 67,09 nm dan 12,61 nm. Kondisi terbaik fotoreduksi kromium heksavalen Cr(VI) menjadi Cr(III) menggunakan katalis ZnO/kitosan terjadi pada pH 3 dengan penambahan massa katalis sebesar 50 mg dalam waktu 360 menit. Penggunaan

katalis ZnO/kitosan efektif dalam mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) pada penyinaran sinar UV dengan perolehan persentase fotoreduksi pada kondisi optimum sebesar (92,92 ± 0,20)%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhady, M.M. 2012. Preparation and Characterization of Chitosan/Zinc Oxide Nanoparticles for Imparting Antimicrobial and UV Protection to Cotton Fabric. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*. 840591, 1-6.
- Anjum, A., Mazari, S.A., Hashmi, Z., Jatoi, A.S., Abro, R., Bhutto, A. W., Mubarak, N. M., Dehghani, M. H., Karri, R. R., Mahvi, A. H., Nasser, S. 2023. A Review of Novel Green Adsorbents as a Sustainable Alternative for the Remediation of Chromium (VI) from Water Environments. *Heliyon*, 9: e15575
- Diantariani, N.P. 2021. Penghilangan Metilen Biru dan Ion Cr(VI) Secara Simultan Menggunakan Fotokatalis ZnO-Ag/Zeolit Alam. *Disertasi*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. McGraw-Hill. New York
- Lee, K. M., Lai, C. W., Ngai, K. S., Juan, J. C., 2016, Recent Developments of Zinc Oxide Based Photocatalyst in Water Treatment Technology: A Review, *Water Res.*, 88, 428-448
- Liu, H., Zhong, L., Govindaraju, S., Yun, K. 2019. ZnO Rod Decorated with Ag Nanoparticles for Enhanced Photocatalytic Degradation of Methylene Blue, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 129: 46-53
- Liu, Y., Wei, S. and Gao, W. 2015. Ag/ZnO Heterostructures and Their Photocatalytic Activity under Visible Light.: Effect of Reducing Medium. *J. Hazard. Matter*. 27:59-86
- Liu, X., Pan, L., Zhao, Q., Lv, T., Zhu, G., Chen, T., Lu, T., Sun, Z., and Sun, C. 2011. UV-assisted Photocatalytic Synthesis of ZnO-reduced graphene oxide Composites with Enhanced Photocatalytic Activity in Reduction of Cr(VI). *J. Chemical Engineering*. 182:238-2
- Naimi-Joubani, M., Shirzad-Siboni, M., Yang, J., Gholami, M. and Farzadkia, M. 2015.

- Photocatalytical Reduction of Hexavalent Chromium with ZnO/TiO<sub>2</sub> Composite, *J. Ind. Eng. Chem.* 22: 317-32
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. *Pengolahan Air Limbah Bagi Kegiatan Industri Pertambangan dengan Metode Lahan Basah Nomor 5 tahun 2022*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta
- Natalina, dan Firdaus, H. 2017. Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (6<sup>+</sup>) dalam Limbah Batik Menggunakan Udang (Kitosan). *J. Teknik Lingkungan*. 3(2):99-102
- Putra, R., Elvia, R., dan Amir, H. 2022. Sintesis Silika-Kitosan Untuk Menurunkan Besi Dalam Air Permukaan. *J. Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 6(1):1-9
- Preethi, J., Farzana, M.H., dan Menakshi, S. 2017. Fotoreduksi Cr(VI) Menggunakan Seng Oksida yang didukung Kitosan. *J. Makromolekul Biologis*. 1-39
- Saraswati, A.A.G.I., Diantariani, N.P. and Suarya.P. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *J.Kimia*. 9(2):175-182
- Wahyuni, E.T., Diantariani, N.P., Kartini, I., and Kuncaka, A. 2022. Enhancement of the photostability and visible photoactivity of ZnO photocatalyst used for reduction of Cr(VI) ion. *Res. I. Eng.* 3:2-8
- Yuan, X., Jing, Q., Chen, J., and Li, L., 2017. Photophosphocatalytic Cr(VI) Reduction by Mixed Metal Oxide Derived from ZnAl Layered Double Hydroxide. *Appl.Clay.Sci.* 143:16-174