

Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif untuk Fotokatalisis Larutan Zat Warna *Direct Blue 19* dan Ion Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ secara Simultan

Titi Agustin^a, Nor Basid Adiwibawa Prasetya^{a*}, Didik Setiyo Widodo^a

^a Analytical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: nor.basid.prasetya@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:

TiO₂, Activated Carbon, Composite, Photocatalysis, *Direct Blue 19*, Cd²⁺, Pb²⁺

Kata Kunci:

TiO₂, Karbon Aktif, Komposit, Fotokatalisis, *Direct Blue 19*, Cd²⁺, Pb²⁺

Abstract

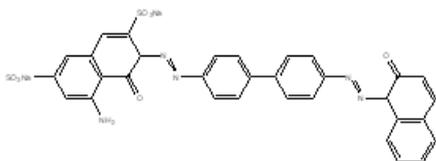
A study concerning synthesise of TiO₂-Activated Carbon composite for *Direct Blue 19* and Pb²⁺ and Cd²⁺ photocatalysis simultaneously had been conducted. Titanium dioxide powders were synthesized by using the main ingredient TiCl₄, then it was made to be composite of TiO₂-Activated Carbon which were tested its photocatalytic ability for many variable such as pH, contact time, and concentration of metal ion added in *Direct Blue 19* solution. Characterization of TiO₂ powder and TiO₂-AC composite were done by using XRD, DR-UV, SEM and SAA. On the other hand measurement of dye and metal ions concentration were done by using UV-Vis spectrophotometer and AAS. Results obtained showed that TiO₂ powder has anatase structure with crystal size of 16.52 nm and band gap energy of 3.71 eV. Composite of TiO₂-AC was produced in tablet form with diameter of 0.8 cm, height of 0.45 cm and it has gray colour. Composite of TiO₂-AC has hollow morphology with surface area of 31.366 m²/g, pore volume of 0.102 cc/g, and pore radius of 3.8643 nm. The optimum pH for photodegradation process was reached at pH 3-4. Addition of Cd²⁺ and Pb²⁺ metal ions can improve the effectiveness of photodegradation *Direct Blue 19* and reduce Cd²⁺ and Pb²⁺ simultaneously.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis komposit TiO₂-karbon aktif untuk fotokatalisis larutan zat warna *Direct Blue 19* dan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ secara simultan. Penelitian dilakukan dengan sintesis TiO₂ dari TiCl₄, kemudian dibuat menjadi komposit TiO₂-karbon aktif yang diuji kemampuan fotokatalitiknya dengan variabel pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion logam yang ditambahkan pada larutan zat warna *Direct Blue 19*. Karakterisasi TiO₂ serbuk dan TiO₂-karbon aktif dilakukan dengan menggunakan XRD, DR-UV, SEM dan SAA. Sedangkan pengukuran konsentrasi zat warna dan ion logam sebelum dan sesudah diuji fotokatalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan AAS. Hasil penelitian diperoleh serbuk TiO₂ sintesis berfasa anatase dengan ukuran kristal sebesar 16,52 nm Energi *Band Gap* sebesar 3,71 eV. Komposit TiO₂-karbon aktif yang dihasilkan berbentuk tablet dengan diameter 0,8 cm, tinggi 0,45 cm dan berwarna abu-abu. Komposit TiO₂-KA yang dihasilkan memiliki morfologi yang berongga dengan luas permukaan luas area permukaan sebesar 31,366 m²/g, volume pori sebesar 0,102 cc/g sedangkan radius pori sebesar 3,8643 nm. pH optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah pada rentang pH 3-4. Penambahan ion logam Cd²⁺ dan Pb²⁺ dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi *Direct Blue 19* dan secara simultan dapat mereduksi ion logam Cd²⁺ dan Pb²⁺.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia banyak memberikan dampak bagi kehidupan baik dampak positif maupun dampak negatif. Dampak negatif perkembangan industri salah satunya adalah pencemaran air akibat limbah zat warna. Limbah zat warna pada umumnya bersifat racun dan sulit diurai oleh proses biologis. *Direct Blue 19* atau disebut juga *Direct Blue 3R* merupakan salah satu zat warna azo yang digunakan dalam industri tekstil.



Gambar 1. Struktur *Direct Blue 19*

Selain limbah zat warna, limbah yang juga banyak dijumpai adalah limbah logam berat, diantaranya adalah Pb^{2+} dan Cd^{2+} yang berpotensi menjadi bahan toksik jika terakumulatif dalam tubuh makhluk hidup [1].

Salah satu alternatif yang potensial untuk mengolah limbah zat warna dan logam berat secara simultan adalah dengan proses fotokatalisis. Dimana zat warna akan terdegradasi oleh hole positif (h^+) di pita valensi dan logam berat akan tereduksi oleh elektron di pita konduksi.

Di antara sekian banyak jenis semikonduktor, hingga saat ini serbuk TiO_2 yang dipilih sebagai semikonduktor karena memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi, mempunyai celah pita (*bandgap*) yang besar (3.2 eV), stabil terhadap cahaya, tidak beracun, kemampuan untuk mengoksidasi yang tinggi dan tidak larut dalam kondisi eksperimen [2]. Kebanyakan semikonduktor yang digunakan sebagai fotokatalis memiliki daya adsorpsi yang lemah, sedangkan proses fotokatalisis terjadi pada fasa teradsorpsi [3]. Untuk mengatasi kekurangan dari proses fotokatalisis diperlukan penggabungan metode fotokatalisis dengan proses adsorpsi.

Kelemahan lain dari penggunaan TiO_2 dalam bentuk serbuk untuk degradasi limbah adalah sulit untuk dipisahkan. Sehingga diperlukan alternatif bentuk lain dari TiO_2 , salah satunya adalah dengan dibuat menjadi komposit. Komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari matriks dan penguat (*reinforcement*).

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori – porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang baik.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit TiO_2 -karbon aktif dengan penambahan gipsium sebagai perekat dan dibentuk menjadi tablet kemudian

digunakan dalam fotokatalisis larutan zat warna *Direct Blue 19* yang telah ditambahkan ion logam Cd^{2+} dan Pb^{2+} sehingga dapat terfotodegradasi serta terfotoreduksi secara simultan.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya spektrofotometer UV-Vis (Spectronik 20), *scanning electron microscope* (JSM 6360), spektroskopi serapan atom (Perklin Elmer 3110), difraksi X-Ray (Shimadzu X-6000), spektrofotometer difus reflektansi UV-Vis (Shimadzu UV 1700), *surface area analyzer* (Quantachrome, nova-1200e), *magnetic stirrer*, lampu UV Philip TUV15W G15T8 *Germicidal Lamp* (308643), neraca digital (Ohaus PA214 Pioneer), set alat gelas, *furnace* (Naberthem). Bahan yang digunakan adalah titanium (IV) klorida, isopropil alkohol, amoniak 25 %, akuades, perak nitrat 1 m, karbon aktif, gipsium ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), kadmium sulfat, timbal nitrat, semuanya buatan Merck dan pewarna *Direct Blue 19*.

Sintesis dan Karakterisasi TiO_2

Sintesis TiO_2 menggunakan bahan awal $TiCl_4$ sebanyak 4 mL yang ditambahkan 80 mL pelarut isopropilalkohol dan NH_3 25% hingga terbentuk *sol gel*, kemudian disaring untuk memisahkan endapan dan filtratnya. Endapan yang terbentuk dicuci dengan akuades hingga bebas ion Cl^- . Endapan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu $105^\circ C$ selama 5 jam. Kristal putih yang terbentuk kemudian dikalsinasi pada suhu $600^\circ C$ selama 8 jam sehingga dihasilkan kristal TiO_2 berfasa anatase. Kristal yang terbentuk kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD.

Sintesis dan Karakterisasi Komposit TiO_2 -Karbon Aktif

Pembuatan kristal komposit TiO_2 -karbon aktif ini dilakukan dengan mencampurkan 0,85 gram TiO_2 dengan 0,15 gram karbon aktif serta 1,7 gram gipsium, sehingga perbandingan TiO_2 dengan karbon aktif sebesar 85% : 15%. Massa gipsium yang digunakan sebesar 2x massa TiO_2 . Pencetakan komposit menggunakan plat kaca dengan ukuran diameter 0,8cm dan tinggi 0,45cm. Hasil sintesis komposit TiO_2 -karbon aktif yang telah diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, DR-UV dan SAA.

Reaksi Fotokatalisis

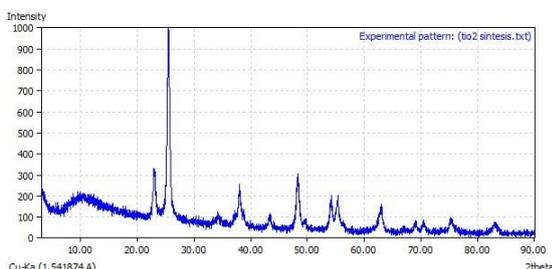
Larutan zat warna *Direct Blue 19* dibuat dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 100 mL dikondisikan pada variasi pH 1-7. Larutan dengan pH yang paling optimal degradasinya, kemudian dilanjutkan dengan variasi konsentrasi larutan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Komposit TiO_2 -karbon aktif dengan berat 0,4 g kemudian dimasukkan ke dalam campuran larutan zat warna *Direct Blue 19* dan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Larutan diaduk dengan pengaduk magnet di dalam reaktor dengan penyinaran UV selama 2 jam. Analisis dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi *Direct Blue 19* yang tersisa. Larutan dengan

konsentrasi yang tingkat degradasi tertinggi, dilanjutkan dengan variasi waktu mulai dari 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Untuk mengetahui ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ yang tersisa dalam larutan digunakan metode AAS.

3. Hasil Dan Pembahasan

Sintesis dan Karakterisasi TiO₂ Serbuk dengan X-Ray Diffraction dan Spektrofotometer Difus Reflektansi UV-Vis (DR-UV)

Sintesis TiO₂ dari TiCl₄ bertujuan untuk memperoleh TiO₂ dengan luas permukaan yang lebih besar dari TiO₂ komersil. Kristal TiO₂ dikarakterisasi menggunakan metode XRD dan spektrofotometer difus reflektansi UV-Vis. Analisis dengan metode difraksi dilakukan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dan ukuran kristal TiO₂ hasil sintesis.



Gambar 2. Difraktogram TiO₂ sintesis

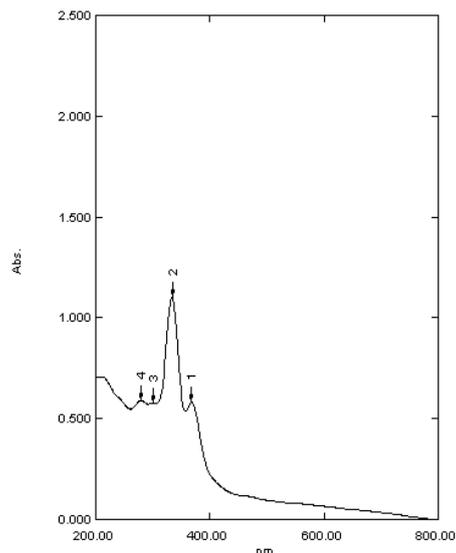
Gambar 2 menunjukkan hasil analisis kristal TiO₂ sintesis. Terlihat bahwa struktur kristal TiO₂ sintesis telah terbentuk dan fase kristal TiO₂ yang dihasilkan adalah anatase, sesuai dengan difraktogram standard yang disediakan oleh JCPDS. Data difraktogram menunjukkan keberadaan TiO₂ pada sumbu x (2theta) adalah 25,4429°; 48,2291°; 22,9525°.

Dari data pola difraktogram dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal TiO₂ berdasarkan nilai FWHM (*Full Width and Half Maximum*) pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer,

$$D = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cos \theta}$$

dengan *D* adalah ukuran kristal, $\lambda = 0,154060$ nm adalah panjang gelombang sinar X yang menggunakan Cu sebagai sumber lampunya, β adalah nilai FWHM masing-masing puncak karekterisasi, θ adalah sudut difraksi, dan $k = 0,94$ yang merupakan suatu konstanta. Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan Scherrer diatas dapat diperoleh ukuran kristal TiO₂. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh ukuran kristal TiO₂ anatase sebesar 16,52 nm.

Karakterisasi menggunakan DR-UV bertujuan untuk mengetahui lebar celah pita energi atau energi *band gap* (*E_g*) TiO₂ sintesis. Spektra analisis sampel ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra DR-UV TiO₂ sintesis

Tabel 1 menunjukkan puncak panjang gelombang TiO₂ yang terbaca beserta absorbansinya.

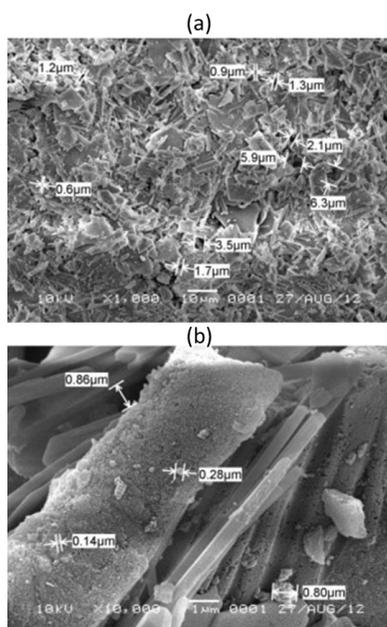
Tabel 1: Hasil spektra DR-UV TiO₂

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
368.00	0.580
334.00	1.103
301.00	0.577
279.00	0.591

Hasil analisis ini dapat dilihat panjang gelombang yang memberikan absorpsi maksimum untuk TiO₂ yaitu pada 334 nm. Panjang gelombang tersebut merupakan *absorption edge* (λ_g) yang dapat digunakan untuk menghitung energi celah pita (*band gap*). Dengan menggunakan persamaan untuk menghitung energi *band gap* (*E_g*), diperoleh *E_g* TiO₂ sintesis sebesar 3,71 eV, yang lebih besar dari energi *band gap* TiO₂ komersil. Hal ini menunjukkan TiO₂ sintesis mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dibandingkan TiO₂ komersil, karena mempunyai *band gap* lebih besar dibandingkan TiO₂ anatase komersil yang pada umumnya memiliki *band gap* 3,2 eV.

Sintesis dan Karakterisasi Komposit TiO₂-Karbon Aktif dengan Scanning Electron Microscope (SEM) dan Surface Area Analyzer (SAA)

Fotokatalis TiO₂ hasil sintesis dibuat menjadi komposit berbentuk tablet dengan karbon aktif, yang bertujuan untuk mempermudah pemisahan TiO₂ setelah digunakan. Perekat yang digunakan untuk pembuatan komposit TiO₂-karbon aktif adalah gipsum. Karakterisasi komposit TiO₂-karbon aktif menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan penampang lintang dari sampel yang dianalisis.



Gambar 4. Analisis SEM

Morfologi permukaan dari komposit TiO₂-karbon aktif dianalisis dengan SEM yang hasilnya diperlihatkan pada Gambar 4 (a). Pada perbesaran 1000x terlihat morfologi permukaan sampel memiliki pori. Ukuran pori berkisar antara 0,6 µm hingga 6,3 µm. Penampang lintang pada Gambar 4 (b) dengan perbesaran 10000x terlihat fotokatalis TiO₂ tersebar secara merata diatas permukaan karbon aktif, dengan kisaran ukuran pori 0,14 µm hingga 0,86 µm.

Karakterisasi komposit TiO₂-karbon aktif menggunakan Surface Area Analyzer (SAA) dilakukan untuk mengetahui luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada sampel.

Tabel 2: Hasil Analisis SAA Komposit TiO₂-Karbon Aktif

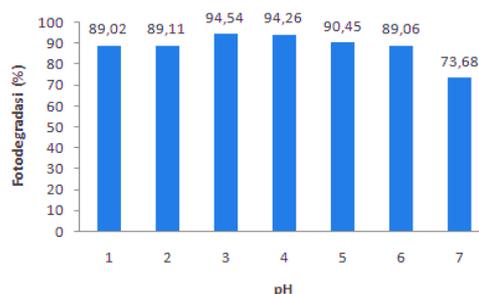
Parameter	Ukuran
Surface Area (m ² /g)	31,366
Pore Volume (cc/g)	0,102
Pore Radius (nm)	3,8643

Dari hasil analisis SAA dapat diketahui besarnya luas permukaan komposit TiO₂-karbon aktif sebesar 31,366 m²/g, volume pori 0,102 cc/g, dan radius pori sebesar 3,8643 nm. Ukuran ini termasuk dalam golongan skala mesopori, dengan rentang ukuran dari 2-50 nm. Radius pori tersebut hampir mendekati skala mikropori, yaitu < 2 nm. Semakin kecil ukurannya, maka proses adsorpsi zat warna pada permukaan TiO₂ akan semakin optimal.

Pengaruh pH Larutan dalam Proses Fotokatalisis Direct Blue 19 dengan Komposit TiO₂-Karbon Aktif

Pengujian mengenai pengaruh pH dilakukan dengan variasi pH untuk mengetahui pH optimum proses fotokatalisis zat warna Direct Blue 19. Dari Gambar 5 dapat diketahui persentase fotodegradasi pada berbagai kondisi pH larutan. Dapat disimpulkan pH 3

dan pH 4 merupakan pH optimum untuk melakukan proses fotodegradasi zat warna Direct Blue 19.

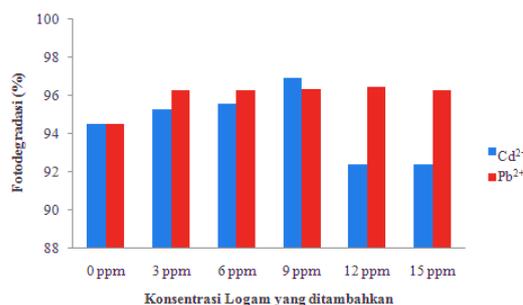


Gambar 5. Persentase fotodegradasi Direct Blue 19 terhadap berbagai kondisi pH larutan

Zat warna bermuatan negatif, karena dalam senyawa zat warna terdapat kandungan benzen yang bermuatan negatif. Pada pH 1-2 adanya H⁺ berlebih menyebabkan zat warna bermuatan positif, sedangkan permukaan TiO₂ bermuatan positif, sehingga tidak terjadi interaksi antara zat warna dengan TiO₂. Pada pH 3 dan 4 terjadi interaksi antara permukaan TiO₂ yang bermuatan positif dengan zat warna yang bermuatan negatif, sehingga pada pH 3 dan 4 terjadi proses fotodegradasi zat warna optimal dengan persentasi tertinggi. Sedangkan pada kondisi pH 5-7, menyebabkan TiO₂ menjadi bermuatan negatif sama seperti zat warna sehingga tidak interaksi antara TiO₂ dan zat warna.

Pengaruh Penambahan Ion Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dalam Proses Fotokatalisis Direct Blue 19 dengan Komposit TiO₂-Karbon Aktif

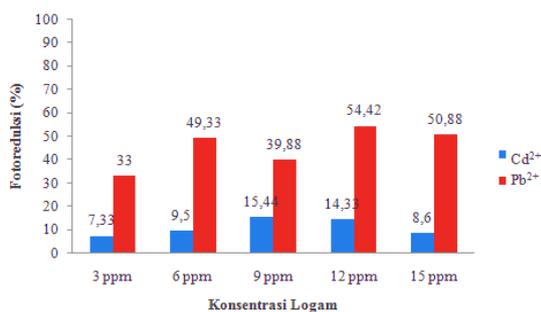
Pengujian mengenai pengaruh penambahan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dilakukan dengan variasi penambahan logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ untuk mengetahui konsentrasi optimum penambahan kedua ion logam tersebut dalam proses fotokatalisis Direct Blue 19.



Gambar 6. Persentase fotodegradasi Direct Blue 19 setelah ditambahkan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dengan berbagai variasi konsentrasi

Gambar 6 menunjukkan persentase fotodegradasi Direct Blue 19 dengan penambahan variasi konsentrasi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺. Dapat dilihat bahwa persentase fotodegradasi Direct Blue 19 setelah penambahan ion logam lebih tinggi bila dibandingkan dengan fotodegradasi tanpa penambahan ion logam. Fotodegradasi optimum saat penambahan ion logam Pb²⁺ konsentrasi 9 ppm dan saat penambahan ion logam Cd²⁺ konsentrasi 12 ppm.

Elektron yang dihasilkan pada saat TiO₂ ketika disinari sinar UV digunakan untuk mereduksi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ menjadi logam Pb_(s) dan Cd_(s). Sehingga proses rekombinasi antara hole (h⁺) dan elektron (e⁻) tidak dapat terjadi. Hal ini dapat mengakibatkan semakin banyak hole (h⁺) yang tersedia. Dengan semakin banyak hole (h⁺) yang tersedia, maka efektivitas fotodegradasi dari zat warna *Direct Blue 19* akan semakin meningkat, namun apabila semakin banyak ion logam yang ditambahkan, maka logam Cd_(s) dan Pb_(s) yang terbentuk juga semakin banyak. Akibatnya sisi aktif dari TiO₂ yang seharusnya digunakan dalam proses fotodegradasi tertutupi oleh logam Cd_(s) dan Pb_(s) yang menempel pada permukaan TiO₂. Aktivitas lain yang terjadi pada proses fotokatalisis adalah fotoreduksi.

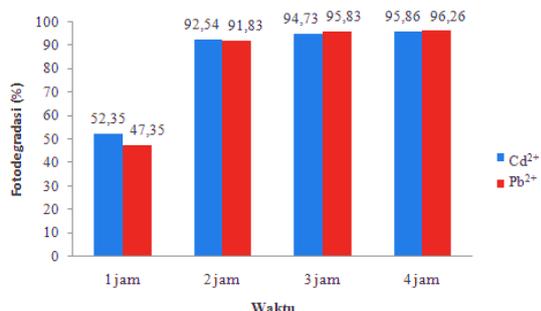


Gambar 7. Persentase fotoreduksi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dengan variasi konsentrasi

Dari gambar 7 menunjukkan ion logam Pb²⁺ dengan konsentrasi 12 ppm yang merupakan konsentrasi optimum dalam proses fotoreduksi. Sedangkan konsentrasi optimum ion logam Cd²⁺ dalam proses fotoreduksi adalah 9 ppm. Semakin tinggi proses fotoreduksi akan dapat mengakibatkan semakin tinggi pula efektivitas fotodegradasi *Direct Blue 19*, hal ini disebabkan karena elektron yang dihasilkan selama proses fotokatalisis akan digunakan untuk mereduksi ion logam.

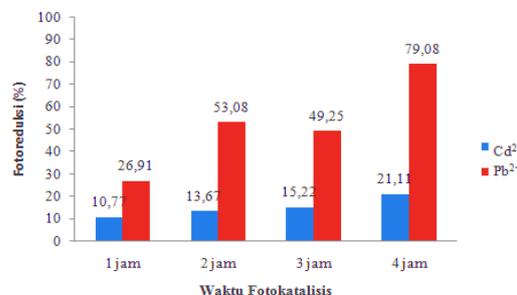
Pengaruh Waktu Penyinaran dengan Sinar UV dalam Proses Fotokatalisis *Direct Blue 19* dengan Komposit TiO₂-Karbon Aktif

Pengujian mengenai pengaruh waktu penyinaran dengan sinar UV dilakukan dengan memvariasikan waktu penyinaran untuk mengetahui waktu optimum dalam proses fotokatalisis *Direct Blue 19*.



Gambar 8. Persentase fotodegradasi *Direct Blue 19* setelah ditambahkan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dengan variasi waktu penyinaran

Dapat dilihat pada Gambar 8 terlihat peningkatan persentase fotodegradasi yang signifikan dari waktu penyinaran 1 jam ke waktu penyinaran 2 jam. Sedangkan pada waktu penyinaran lebih dari 2 jam, tidak memberikan peningkatan fotodegradasi yang signifikan. Hal ini menunjukkan waktu optimum untuk fotodegradasi *Direct Blue 19* adalah selama 2 jam. Sedangkan aktivitas fotoreduksi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dengan variasi waktu dapat dilihat pada gambar 9.

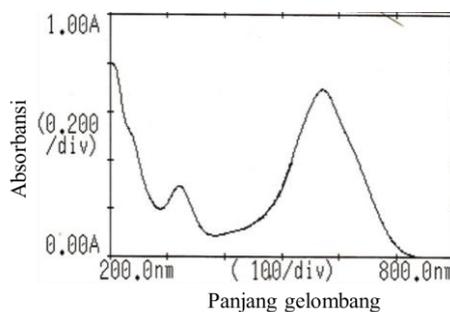


Gambar 9. Persentase fotoreduksi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ dengan variasi waktu

Berdasarkan gambar 9, terlihat terjadi kenaikan hingga pada waktu 2 jam, akan tetapi ketika waktu reaksi lebih dari dua jam, ion logam yang tereduksi hanya sedikit mengalami peningkatan (cenderung konstan). Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu reaksi dua jam merupakan waktu yang optimal untuk proses fotokatalisis. Penambahan waktu proses reaksi fotokatalisis tidak berpengaruh signifikan terhadap pengurangan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺.

Analisis Larutan Zat Warna *Direct Blue 19* dengan Spektrofotometer UV-Vis Sebelum dan Sesudah Proses Fotokatalisis

Analisis larutan zat warna *Direct Blue 19* dilakukan untuk mengetahui tingkat fotodegradasi zat warna *Direct Blue 19* dalam proses fotokatalisis dengan penambahan ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺. Tabel 3 menunjukkan puncak panjang gelombang *Direct Blue 19* yang terbaca beserta absorbansinya. Spektra analisis sampel ditunjukkan pada Gambar 14.



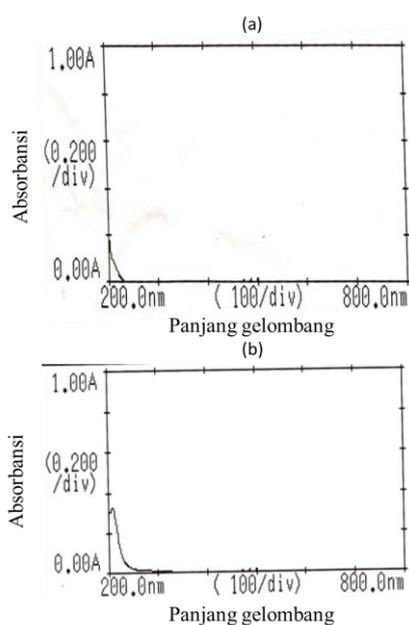
Gambar 10. Spektra UV-Vis *Direct Blue 19* sebelum fotokatalisis

Tabel 3: Hasil spektra UV-Vis *Direct Blue 19*

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
572	0,751
320	0,333

Dari hasil spektra UV-Vis yang ditunjukkan pada Gambar 10 terlihat bahwa puncak serapan pada 320 nm merupakan benzena yang terkonjugasi [4], sedangkan puncak pada 572 nm mengidentifikasi karakter warna senyawa tersebut. Gugus kromofor azo merupakan karakteristik dari larutan zat warna *Direct Blue 19* sehingga 572 nm ditentukan sebagai panjang gelombang maksimum untuk larutan zat warna *Direct Blue 19*.

Hasil analisis UV-Vis *Direct Blue 19* setelah fotokatalisis selama 2 jam dengan penambahan logam Cd^{2+} dan Pb^{2+} pada Gambar 11 menunjukkan tidak terlihat puncak serapan pada 207 nm dan 320 nm yang merupakan puncak dari gugus benzena terkonjugasi serta puncak pada 572 nm yang merupakan puncak dari gugus kromofor, hal ini menandakan zat warna telah terdegradasi.



Gambar 11. Spektra UV-Vis *Direct Blue 19* setelah fotokatalisis selama 2 jam (a) dengan Cd; (b) dengan Pb

4. Kesimpulan

Fotokatalis TiO_2 berupa serbuk putih dapat disintesis dengan menggunakan bahan TiCl_4 . Titanium oksida yang dihasilkan mempunyai ukuran kristal 16,52 nm dan *band gap* sebesar 3,71 eV. Komposit Fotokatalis TiO_2 -KA yang dihasilkan mempunyai permukaan yang berongga dengan luas area permukaan sebesar 31,366 m^2/g , volume pori sebesar 0,102 cc/g sedangkan radius pori sebesar 3,8643 nm. Pada kondisi terang, proses degradasi lebih optimum dibandingkan pada kondisi gelap. pH optimum untuk proses fotodegradasi *Direct Blue 19* adalah pH 3-4. Adanya penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi *Direct Blue 19* dan secara simultan dapat mereduksi ion Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Pada proses fotodegradasi *Direct Blue 19* konsentrasi 100 ppm dengan komposit fotokatalis TiO_2 -KA 0,4 gram, penambahan ion logam Pb^{2+} paling optimum adalah pada konsentrasi 12 ppm, sedangkan pada penambahan ion logam Cd^{2+} paling optimum adalah pada konsentrasi 9 ppm. Waktu

optimum untuk proses fotodegradasi *Direct Blue 19* adalah selama 2 jam.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sudarwin Sudarwin, Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang, Program Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang
- [2] Amy L. Linsebigler, Guangquan Lu, John T. Yates, Photocatalysis on TiO_2 Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results, *Chemical Reviews*, 95, 3, (1995) 735-758 <http://dx.doi.org/10.1021/cr00035a013>
- [3] James T Richardson, Principles of catalyst development, Springer, 2013.
- [4] Robert Milton Silverstein, AJ Hartomo, Terence C Morrill, G Clayton Bassler, Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik, Erlangga, 1986.