

**UJI AKTIVITAS FOTOKATALIS SENYAWA $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ PADA
PROSES DEGRADASI METILEN BIRU DENGAN
SINAR UV DAN SINAR TAMPAK**

**PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ IN DEGRADATION
OF METHYLENE BLUE BY USING UV AND VISIBLE LIGHTS**

Yuzzaini Dwi Kurniawati, A.K. Prodjosantoso*, Cahyorini Kusumawardani*

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

*e-mail: prodjosantoso@yahoo.com

*e-mail: irienuny@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas fotokatalis senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dengan menggunakan sinar UV dan sinar tampak pada proses degradasi metilen biru.

Senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ ($x = 0,025$) diuji aktivitasnya dengan menggunakan metode spektroskopi menggunakan lampu UV Evaco 20 watt sebagai sumber sinar UV dan lampu mercury 100 watt sebagai sumber sinar tampak pada variasi $t = 5, 10, 20, 30, 50, 80$ dan 120 menit.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dapat digunakan sebagai fotokatalis pada reaksi fotodegradasi metilen biru dengan menggunakan sumber sinar UV dan sinar tampak. Metilen biru terdegradasi sebesar 83,76% pada sinar UV, sedangkan pada sinar tampak sebesar 80,03%. Kinetika reaksi degradasi metilen biru mengikuti reaksi orde dua. Laju reaksi fotodegradasi metilen biru di bawah sinar UV sebesar $0,41533 \text{ ppm}\cdot\text{menit}^{-1}$, sedangkan laju reaksi fotodegradasi metilen biru di bawah sinar tampak sebesar $0,35293 \text{ ppm}\cdot\text{menit}^{-1}$. Sinar UV mempunyai pengaruh sedikit lebih aktif dari sinar tampak pada proses fotodegradasi metilen biru menggunakan senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$

Kata kunci : Fotokatalis, degradasi, $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$

ABSTRACT

This research was aimed to study photocatalytic activity of $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ compound on the degradation of methylene blue by using UV and visible lights.

The photocatalytic activity of $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ ($x = 0,025$) was studied by spectroscopy method using UV lamp Evaco 20 watt as a source of UV and mercury lamp 100 watt as a source of visible light at $t = 5, 10, 20, 30, 50, 80$ and 120 minutes.

The analysis of the data showed that $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ has an activity in the photodegradation reaction of methylene blue by using UV and visible light. Methylene blue was degraded 83,76% by using UV, while by using visible light degraded 80,03%. Photocatalytic degradation of methylene blue followed the pseudo-second-order-kinetics and the second-order rate constant under UV was $0,41533 \text{ ppm}\cdot\text{min}^{-1}$, while under visible light was $0.35293 \text{ ppm}\cdot\text{min}^{-1}$. By using UV has a little more active influence of visible light on the process of photodegradation of methylene blue using the compound $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$.

Keywords : Photocatalyst, degradation, $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$

PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang industri semakin pesat selaras dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Perkembangan ini mempunyai dampak negatif yaitu pencemaran lingkungan. Salah satu pencemaran lingkungan dibidang industri yaitu berasal dari limbah zat pewarna industri tekstil. Limbah industri tekstil mengandung zat warna dengan kadar sekitar (20-30) mg/L sehingga sukar terurai secara alami serta menyebabkan terganggunya ekosistem dalam air [1].

Zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil ialah *methylene blue* yang merupakan senyawa aromatik heterosiklik kationik [1]. Zat pewarna merupakan senyawa organik *non-biodegradable* yang sukar terurai, bersifat resisten dan beracun juga berbahaya. Berbahaya apabila tertelan, dapat menyebabkan anemia hemolitik, dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Oleh karena itu penemuan upaya penanganan limbah beracun perlu untuk dilakukan.

Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah metilen biru (MB). Penanganan limbah zat warna

metilen biru diantaranya dengan degradasi senyawa menggunakan sistem semikonduktor sebagai fotokatalis. Fotokatalisis merupakan suatu proses kombinasi reaksi fotokimia yang memerlukan unsur cahaya dan katalis untuk mempercepat terjadinya transformasi kimia. Transformasi tersebut terjadi pada permukaan fotokatalis. Saat ini telah dikenal teknologi pemanfaatan fotokatalis sebagai fotodegradasi. Metode fotodegradasi merupakan metode yang efektif karena diketahui dapat menguraikan senyawa zat organik berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya, seperti H₂O dan CO₂ [2].

Metode fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berupa semikonduktor, dengan adanya katalis metode ini mampu menguraikan limbah zat warna lebih cepat jika dibandingkan peruraian secara alami. Material semikonduktor oksida yang sering digunakan adalah TiO₂, ZnO, CdS, dan Fe₂O₃. Pada oksidasi fotokatalisis, cahaya *ultra-violet* (UV) memberikan energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan pasangan elektron dan lubang (*hole*).

Pasangan elektron-*hole* ini selanjutnya berdifusi ke permukaan partikel oksida yang kemudian mengoksidasi polutan [3]. Senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ merupakan senyawa semikonduktor yang dapat digunakan sebagai fotokatalis pada reaksi degradasi polutan organik.

$\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ mempunyai energi celah pita atau juga sering disebut energi gap (E_g) sebesar 3,79-4,23 eV dan 2,68-3,38 eV yang kemungkinan senyawa tersebut aktif digunakan pada daerah sinar UV dan sinar tampak. Oleh karena itu perlu dilakukan uji aktivitas senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ pada proses degradasi metilen biru dengan sinar UV dan sinar tampak.

METODE PENELITIAN

Uji aktivitas fotokatalis dengan sinar UV dan sinar tampak

Uji aktivitas fotokatalis senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dilakukan di bawah sinar UV dan sinar tampak dengan cara yang sama. Sebanyak 0,2 gram senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dimasukkan ke dalam 7 buah erlenmeyer, kemudian sebanyak 10 ml larutan metilen biru 10 ppm dimasukkan pada interval waktu

tertentu. Selanjutnya campuran diaduk dengan *shaker* yang berada di bawah sumber sinar, dan dipisahkan menggunakan *sentrifuge* filtrat diambil diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis 2450 pada panjang gelombang 663,60 nm untuk mengetahui penurunan konsentrasi metilen biru.

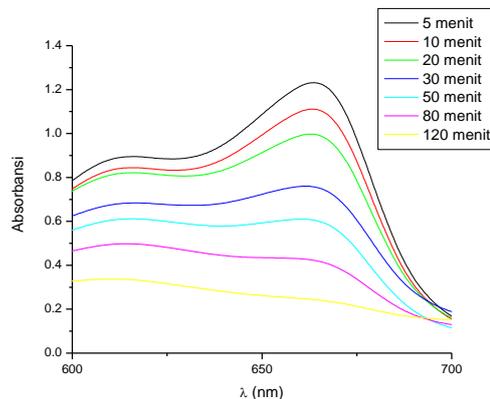
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada fotokatalisis adsorpsi memegang peranan penting karena mekanisme reaksinya terjadi di permukaan katalis, oleh karena itu untuk mempelajari peranan adsorpsi senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ terhadap aktivitas katalisnya pada reaksi fotodegradasi metilen biru dilakukan uji adsorpsi terhadap metilen biru. Karakter adsorpsi $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ ditentukan melalui proses keadaan gelap selama 24 jam. Sifat adsorpsi $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dipelajari berdasarkan persamaan adsorpsi isoterm Freundlich. Grafik isoterm Freundlich didapatkan dengan mengalurkan $\text{Log } C$ dengan $\text{Log } m$. sehingga konstanta adsorpsi dapat ditentukan melalui isoterm Freundlich dengan persamaan:

$$\text{Log } c = \log k + \frac{1}{n} \text{Log } m$$

Konstanta adsorpsi diperoleh sebesar 0,4875. Konstanta adsorpsi ini akan digunakan untuk menghitung laju reaksi sesungguhnya tanpa melibatkan proses adsorpsi.

Fotodegradasi metilen biru (MB) dengan menggunakan katalis $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dilakukan di bawah sinar UV dengan variasi waktu. Sinar UV yang digunakan berasal dari lampu *Fluorescent tube Evaco* 20 watt. Penyinaran dilakukan pada $t=5,10,20,30,50,80$, dan 120 menit. Hasil absorbansi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra UV-Vis fotodegradasi MB di bawah sinar UV

Penurunan konsentrasi metilen biru setelah proses degradasi ditunjukkan pada Tabel 1.

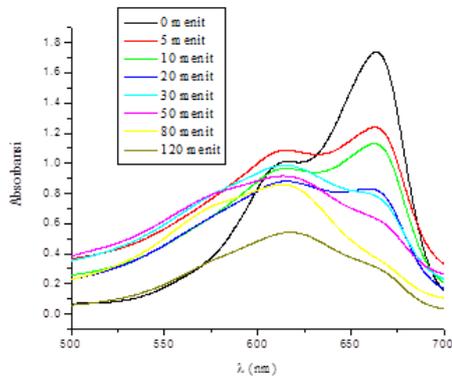
Tabel 1. Konsentrasi MB setelah fotodegradasi di bawah sinar UV

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0 menit (awal)	10,373	1,748
5 menit	7,407	1,235
10 menit	6,710	1,115
20 menit	6,039	0,999
30 menit	4,677	0,763
50 menit	3,791	0,610
80 menit	2,733	0,428
120 menit	1,685	0,247

Hasil pengukuran konsentrasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa konsentrasi metilen biru menurun setelah fotodegradasi menggunakan senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ sebagai katalis dan sinar UV sebagai sumber sinar.

Fotodegradasi metilen biru dengan menggunakan katalis $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ dilakukan di bawah sinar UV dengan variasi waktu. Sinar UV yang digunakan berasal dari lampu mercury merk Philips ML 100W/220-230 E27 watt. Penyinaran dilakukan pada waktu 5,10,20,30,50,80, dan 120 menit. Hasil absorbansi ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan penurunan konsentrasi metilen biru setelah

fotodegradasi ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Spektra UV-Vis fotodegradasi metilen biru di bawah sinar tampak

Tabel 2. Konsentrasi MB setelah fotodegradasi di bawah sinar tampak

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0 menit (awal)	10,373	1,748
5 menit	8,820	1,479
10 menit	6,834	1,136
20 menit	5,032	0,825
30 menit	4,843	0,792
50 menit	3,992	0,645
80 menit	2,449	0,378
120 menit	2,071	0,313

Hasil pengukuran konsentrasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa konsentrasi metilen biru juga menurun setelah fotodegradasi menggunakan senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ sebagai katalis dan sinar tampak sebagai sumber sinar. Jadi aktivitasnya sebesar 83,76%,

pada fotodegradasi menggunakan sinar UV, sedangkan fotodegradasi menggunakan sinar tampak sebesar 80,03%.

Kinetika reaksi pada proses degradasi metilen biru dengan katalis senyawa $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ yang dilakukan di bawah sinar UV dan sinar tampak dipelajari dengan menentukan orde reaksinya. Persamaan orde reaksi ke nol, ke satu dan ke dua ditentukan dengan mengintegrasikan persamaan laju reaksi.

Reaksi fotodegradasi metilen biru dengan katalis $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ di bawah sinar UV maupun sinar tampak mengikuti reaksi orde dua karena setelah dilakukan fitting kurva pada masing-masing orde reaksi, pada kurva kinetika orde dua mempunyai nilai R^2 paling besar yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kinetika orde reaksi fotodegradasi metilen biru

Orde ke-	k	R^2
Sinar UV		
0	0,05956	0,89222
1	0,01372	0,9802
2	0,00386	0,9893
Sinar tampak		
0	0,06057	0,86434
1	0,01296	0,95207
2	0,00328	0,98826

Laju reaksi dalam sistem heterogen, diperlukan nilai tetapan adsorpsi reaktan (K) pada permukaan katalis. Nilai k_{obs} merupakan konstanta laju reaksi yang tidak memperhitungkan peranan adsorpsi dimana $k_{obs} = kK$, sehingga ketika proses adsorpsi menjadi bagian yang mempengaruhi reaksi fotodegradasi, maka perlu ditentukan konstanta sesungguhnya (k) yang sudah mengoreksi k_{obs} dengan konstanta adsorpsi (K). Konstanta kinetika k_{obs} ditentukan dengan melakukan fitting kurva $1/C_t$ vs t karena pada reaksi fotodegradasi metilen biru dengan katalis $Ca_{1-x}Co_xTiO_3$ mengikuti reaksi orde dua, selanjutnya konstanta laju reaksi (k) ditentukan berdasarkan k_{obs} dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data kinetika fotodegradasi metilen biru dengan katalis $Ca_{1-x}Co_xTiO_3$ pada sinar UV dan sinar tampak

Sumber Sinar	k_{obs} (menit ⁻¹)	k (menit ⁻¹)
Sinar UV	0,00386	0,00792
Sinar tampak	0,00328	0,00673

Dari data orde reaksi dan konstanta laju reaksi dapat ditentukan besarnya laju reaksi fotodegradasi menggunakan senyawa $Ca_{1-x}Co_xTiO_3$

di bawah sinar UV maupun sinar tampak.dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut:

$$r = kC^n$$

r adalah laju reaksi, k adalah konstanta laju, C adalah konsentrasi metilen biru, dan n adalah orde reaksi fotodegradasi. Diperoleh nilai laju sebesar 0,41533 ppm.menit⁻¹ pada reaksi degradasi dengan sinar UV, sedangkan laju reaksi pada sinar tampak sebesar 0,35293 ppm.menit⁻¹.

KESIMPULAN

Senyawa $Ca_{1-x}Co_xTiO_3$ dapat digunakan sebagai fotokatalis pada reaksi fotodegradasi metilen biru dengan menggunakan sumber sinar UV dan sinar tampak ditandai dengan warna metilen biru yang semakin bening, dan pengukuran konsentrasi menunjukkan pada fotodegradasi menggunakan sinar UV metilen biru terdegradasi sebesar 83,76%, sedangkan pada sinar tampak terdegradasi sebesar 80,03%. Fotodegradasi metilen biru yang dilakukan dengan sumber sinar UV dan sinar tampak mengikuti reaksi orde dua dan memiliki nilai laju sebesar 0,41533 ppm.menit⁻¹ pada reaksi degradasi dengan sinar UV, sedangkan laju reaksi pada sinar

tampak sebesar 0,35293 ppm.menit⁻¹. Sinar UV yang digunakan pada proses degradasi metilen biru mempunyai pengaruh yang lebih aktif daripada proses degradasi menggunakan sinar tampak dilihat dari besarnya laju reaksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yeni, D.L., Sri, W. & Mohammad, M.K. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Jurnal*. 1(1):592-598.
- [2]. Subiyanto Harun. (2009). Pelapisan Nanomaterial TiO₂ Fase Anatase pada Nilon Menggunakan Bahan Perkat Aica Aibon dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Edisi Khusus. 50-52.
- [3]. Suhardi Tidoy., Audy D. Wuntu., & Vanda S.K. (2016). Kinetika Fotodegradasi Remazol Yellow Menggunakan Zeolit A Terimpregnasi TiO₂. *Jurnal MIPA UNSTRAT*. 1:10-13.
- [4]. Cahyorini Kusumawardani. (2012). Pembentukan Kompleks Rutenium secara In Situ pada TiO₂ Terdoping Nitrogen. *Disertasi*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- [5]. Atkin, W. (1990). *Kimia Fisika Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.

Artikel ini telah disetujui untuk diterbitkan oleh Pembimbing I pada tanggal 18/4/16



Prof. A.K. Prodjosantoso, Ph. D.
NIP. 19601028 198503 1 002

Artikel ini telah direview oleh Penguji Utama pada tanggal 18/4/2016



Dr. Kun Sri Budiasih, M.Si.
NIP. 19720202 200501 2 001