

STUDI FOTODEGRADASI METILEN BIRU OLEH ZnO/KULIT JERUK DENGAN PENYINARAN LAMPU UV-LED

Eva Umi Latifah, Aulia Dewi Rosanti, Fahmi Hidayat
Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Kediri, Jl. Suaharji No. 38,
Manisrenggo, Kec, Kota Kediri, Jawa Timur 64128, Indonesia
*Corresponding: fahmihidayat@rocketmail.com

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi waktu kontak terhadap persentase fotodegradasi metilen biru menggunakan sampel ZnO dan ZnO/Kulit Jeruk (KJ) serta mengkaji model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi. Material ZnO dan ZnO/KJ disintesis menggunakan metode impregnasi basah dan aktivitas fotokatalitik diamati dibawah Sinar UV LED (365 nm) dengan variasi waktu kontak 0 - 120 menit. Sampel ZnO dan ZnO/KJ dikarakterisasi dengan FTIR, SEM, XRD, DR-UV, dan BET. Kinetika adsorpsi dianalisa menggunakan model orde satu semu dan orde dua semu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa presentase degradasi meningkat seiring dengan peningkatan waktu penyinaran. Nilai presentase degradasi terbaik untuk penghilangan metilen biru adalah material ZnO/KJ dengan presentase degradasi terbaik sebesar 67 % pada mode gelap dan 94 % pada mode terang. Sedangkan ZnO hanya mampu mendegradasi metilen biru sebesar 46 % pada mode gelap dan 74 % pada mode terang. Berdasarkan data laju adsorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi ZnO dan ZnO/KJ mengikuti model orde dua semu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi melibatkan proses adsorpsi kimia. .

Kata Kunci: ZnO; ZnO/KJ; Metilen Biru; Fotodegradasi, Lampu UV-LED

ABSTRACT: This study aims to examine the effect of contact time variations on photodegradation percentage of methylene blue using ZnO and ZnO/KJ (orange peel) catalysts as well as to examine the adsorption kinetic models that suitable to describe the adsorption process occurred. The ZnO/KJ catalysts was synthesized using the wet impregnation method and the photocatalytic activity was observed under UV LED light (365 nm) with a contact time variation of 0 - 120 minutes. The ZnO and ZnO/KJ catalysts were characterized by FTIR, SEM, XRD, DR-UV, and BET. The adsorption kinetics were obtained using pseudo-first-order and pseudo-second-order models. The results showed that the degradation percentage increased with increasing irradiation time. The highest degradation percentage values of methylene blue using ZnO/KJ catalyst are of 67% in dark mode and of 94% in light mode, respectively. Meanwhile, the ZnO was only able to degrade methylene blue by 46% in dark mode and 74% in light mode. Based on the adsorption rate data, the adsorption process of ZnO and ZnO/KJ follows a pseudo-second order model, so it can be concluded that the adsorption process occurred involves a chemisorption process

Keyword : ZnO; ZnO/KJ; Methylene Blue; Photodegradation. UV-LED

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil yang pesat memberikan positif dan dampak negatif. Dampak negatif yang ditimbulkan yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh limbah industri tekstil [1]. Salah satu zat

pewarna yang sering digunakan adalah metilen biru. Metilen biru termasuk jenis pewarna yang tidak beracun namun dalam jangka panjang dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengatasi limbah pewarna ini diantaranya yaitu klorinasi, biodegradasi dan ozonisasi. Namun metode tersebut membutuhkan biaya yang mahal dan proses yang lama sehingga kurang efektif untuk diterapkan [2]. Salah satu metode yang efektif dan mudah untuk diterapkan yaitu metode fotodegradasi. Fotodegradasi merupakan metode analisis yang menggunakan sinar (foton) untuk menguraikan zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana dan reaksinya dipercepat menggunakan katalis [3].

Salah satu material semikonduktor yang banyak digunakan adalah ZnO. Hal ini karena ZnO memiliki sifat fotolitik yang tinggi dan memiliki energi jarak pita pada daerah sinar UV [4]. Namun penggunaan ZnO saja sebagai fotokatalis semikonduktor masih mempunyai kekurangan yaitu ZnO kemampuan untuk mengadsorpsi adsorbat atau zat yang akan didegradasi dalam yang rendah sehingga perlu diimbangkan pada material adsorben yang kuat untuk meningkatkan aktifitas fotokatalisnya.

Kulit jeruk adalah satu bahan alam yang berpotensi dijadikan sebagai pengemban ZnO dengan biaya murah. Hal ini karena kulit jeruk mengandung pektin, hemiselulosa, lignin, klorofil, dan hidrokarbon berbobot molekul rendah lainnya, selain itu kulit jeruk berpotensi menyerap warna dari larutan encer sebagai adsorben [5]. Krisnan dan George [6] melaporkan hasil penelitian bahwa 2,2 gram kulit jeruk dapat menghilangkan 96% metilen biru dalam waktu 60 menit.

Penelitian tentang ZnO yang diimbangkan pada kulit jeruk serta aplikasinya untuk adsorben dan sekaligus katalis degradasi metilen biru belum dikaji sehingga pada penelitian ini dilakukan sintesis ZnO/KJ yang bertujuan untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik ZnO/KJ dalam mendegradasi metilen biru.

2. PERCOBAAN

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut, seperangkat alat gelas laboratorium (*Pyrex*), magnetic stirrer (*Thermo Scientific*), ayakan (*Standart Test Sieve 60 Mesh*), timbangan analitik (*Us Solid Electronic Precision Balance*), sentrifuge (*800 electric centrifuge*), oven (*Memmert*), furnace (*Thermolyne*), IR spektrofotometer, Difraktometer Sinar-X, SEM (*Spectroscopy Scanning Electron Microscopy*) Spektrofotometer UV-Vis, dan BET (*Brunauer-Emmett-Teller surface area*). Sedangkan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Zn asetat ($Zn(CH_3COO)_2$) (*Merck*), NaOH (*Merck*), aseton (*Merck*), metilen biru (*Merck*), aqua DM (*Bratachem*), kertas saring whattman (*42 Aschless diameter 90 mm, Ge Healthcare Life Sciences*), aluminium foil dan kulit jeruk (KJ).

2.2 Preparasi Kulit Jeruk

Kulit jeruk dicuci sampai bersih. Lalu, di jemur bawah sinar matahari selama 2 hari agar menjadi kering. Setelah kering, kulit jeruk di hancurkan menggunakan blender hingga halus dan menjadi serbuk. Setelah itu, serbuk kulit jeruk tersebut di ayak menggunakan ayakan 60 mesh.

2.3 Sintesis katalis ZnO/KJ melalui metode Impregnasi Basah

Serbuk kulit jeruk di tambahkan larutan 0,1 M Zn Asetat dengan perbandingan 1:25 (1 gram serbuk kulit jeruk : 25 mL Zn Asetat) kemudian larutan di aduk selama 1 jam menggunakan magnetic stirrer. Kemudian NaOH 0,1 M ditambahkan kedalam larutan campuran hingga pH larutan menjadi 12 pada suhu 60°C. Setelah di aduk selama 1 jam. Larutan campuran yang didapatkan didiamkan dalam suhu ruang selama 24 jam. Setelah didiamkan, sampel campuran tersebut pisahkan dengan sentrifugasi dengan selama 30 menit kecepatan 3000 rpm. Padatan yang diperoleh dikeringkan dengan cara dioven selama 6 jam pada suhu 75°C. Padatan kering yang telah didapatkan

di gerus hingga halus kemudian dikalsinasi selama 4 jam pada suhu 450°C.

2.4 Karakterisasi Katalis ZnO/KJ

Hasil ZnO/KJ yang telah disintesis dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR (*Fourier-transform InfraRed*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), DR-UV (*Diffuse Reflectance UV-Visible*), XRD (*X-Ray Diffraction*), dan BET (*Brunauer-Emmett-Teller*).

2.5 Aktivitas Fotokatalitik ZnO/KJ dalam mendegradasi metilen biru

ZnO/KJ di timbang 20 mg kemudian di tambahkan 6 ppm metilen biru sebanyak 25 mL. Dimasukkan larutan campuran tersebut kedalam reaktor UV selama 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 menit sambil di aduk dengan pengaduk magnetik. Setelah itu, larutan tersebut di pisahkan dengan cara disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Lalu, filtrat yang diperoleh di ukur absorbansinya pada panjang gelombang 664,5 nm dengan spektrofotometer UV-VIS.

Tingkat efisiensi penghilangan warna (% efisiensi penghilangan warna) pada MB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E (\%) = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \quad (1)$$

dengan C_o adalah konsentrasi awal larutan (mg/L), C_e adalah konsentrasi akhir larutan (mg/L), E adalah efisiensi penyisihan.

2.6 Kinetika Reaksi

Model reaksi orde satu semu dinyatakan seperti pada persamaan:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

dengan q_e adalah jumlah adsorbat yang terserap pada waktu kesetimbangan (mg/g). q_t adalah jumlah adsorbat yang terserap pada waktu waktu t (mg/g). k_1 adalah tetapan laju pseudo orde-pertama (min^{-1})

proses adsorpsi. Nilai q_e dan k_1 merupakan nilai plot $\ln(q_e - q_t)$ vs t , dengan k_1 kemiringan garis dan q_e merupakan perpotongan pada sumbu y.

Selanjutnya, model reaksi orde dua semu dinyatakan seperti pada persamaan:

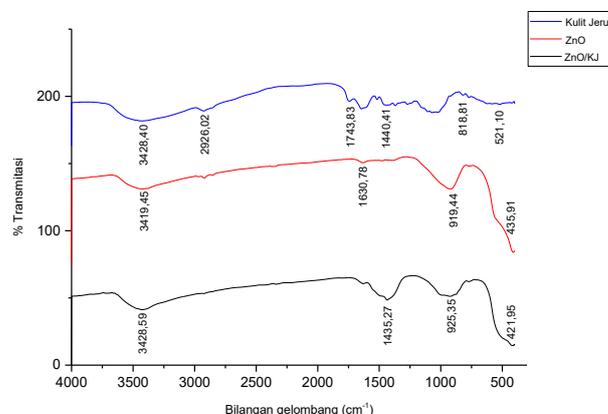
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (3)$$

Nilai pada q_e (mg/g) dan k_2 (g/mg.min) dihitung dari plot t/q_t vs t , dengan $h = k_2 q_e^2$ (mg/g.min) adalah laju serapan awal pada $t \rightarrow 0$.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis FTIR ZnO dan ZnO/KJ

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada KJ, ZnO dan ZnO/KJ. Berdasarkan hasil analisis, spektrum FTIR KJ, ZnO dan ZnO/KJ berada pada kisaran $4000-400 \text{ cm}^{-1}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Spektrum dari ZnO ditunjukkan pada pita serapan yang berwarna merah, sedangkan spektrum dari ZnO/KJ ditunjukkan pada pita serapan berwarna hitam. Hasil analisis FTIR tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan puncak antara spektrum ZnO dan ZnO/KJ akan tetapi secara keseluruhan spektrum yang diperoleh tidak terlalu berbeda. Berikut Analisa Gugus Fungsi dari KJ, ZnO dan ZnO/KJ disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR dari sampel KJ, ZnO, dan ZnO/KJ.

Tabel 1. Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi dari ZnO dan ZnO/KJ

No.	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Gugus Fungsi
	KJ	ZnO	ZnO/KJ	
1.	3425,40	3419,45	3428,59	OH <i>Stretching</i>
2.	2926,02	-	-	CH <i>Stretching</i>
3.	1743,83	-	-	C=O
4.	-	1630,78	-	OH <i>Bending</i>
5.	1440,41	-	1435,27	C-H <i>Bending</i>
6.	-	919,44	925,35	Zn-O <i>Stretching</i>
7.	-	435,91	421,95	Zn-O <i>Bending</i>

Berdasarkan gambar tersebut, pada ZnO diperoleh informasi pada daerah panjang gelombang 400-500 cm⁻¹ yaitu ikatan Zn-O. Lalu, pada daerah 3419,45 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur OH dan 1630,78 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk OH dari permukaan ZnO yang menyerap molekul air [3].

Sedangkan untuk ZnO/KJ, puncak serapan yang melebar pada gelombang 3428,59 cm⁻¹ merupakan vibrasi regangan OH dari molekul yang terserap pada permukaan ZnO. Kemudian, daerah sekitar 1435,27 cm⁻¹ adalah vibrasi C-H dari gugus metil, metilen, metoksi aromatik dan alifatik yang menunjukkan bahwa kulit jeruk telah masuk ke dalam ZnO. Sedangkan keberadaan ZnO dapat dilihat pada bilangan gelombang gelombang 421,95 cm⁻¹ [5].

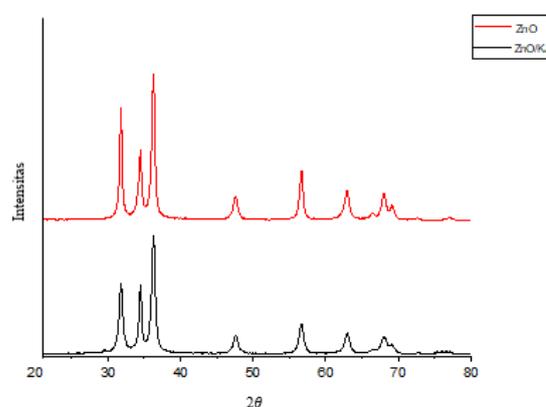
3.2 Analisis XRD ZnO dan ZnO/KJ

Analisis XRD digunakan untuk mengetahui kemurnian, kristalinitas, dan fase dari partikel yang ada didalamnya. Difraktogram ZnO dan ZnO/KJ dapat dilihat pada Gambar 2 dan identifikasi struktur kristal ZnO dan ZnO/KJ dapat dilihat pada Tabel 2.

ZnO memberikan tiga puncak utama yang muncul pada 2θ yaitu 31,79°, 34,46°, 36,28° yang berturut-turut sesuai dengan (102), (002), dan (101). Hal ini sesuai dengan JCPDS 36-1451 yang menunjukkan bahwa ZnO memiliki struktur *wurtzite* dengan bentuk heksagonal [4]. ZnO/KJ juga memberikan tiga puncak utama yang muncul pada 2θ yaitu 31,82°, 34,50°, dan 36,28° yang berturut-turut sesuai dengan (102), (002), dan (101). Setelah di

bandingkan dengan hasil difraktogram ZnO dengan JCPDS 36-1451 menunjukkan bahwa struktur yang terbentuk pada katalis ZnO/KJ merupakan struktur *wurtzite* dengan bentuk hexagonal.

Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa pola difraksi antara untuk ZnO dan ZnO/KJ terlihat tidak ada perbedaan, hal ini dapat dilihat dari tingkat ketajaman puncak-puncak yang terbentuk. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan kulit jeruk pada ZnO hanya merubah nilai intensitas dari masing masing puncak dan tidak merubah struktur dari ZnO.



Gambar 2. Difraktogram ZnO dan ZnO/KJ

Tabel 2. Identifikasi Struktur Kristal ZnO dan ZnO/KJ berdasarkan JCPDS

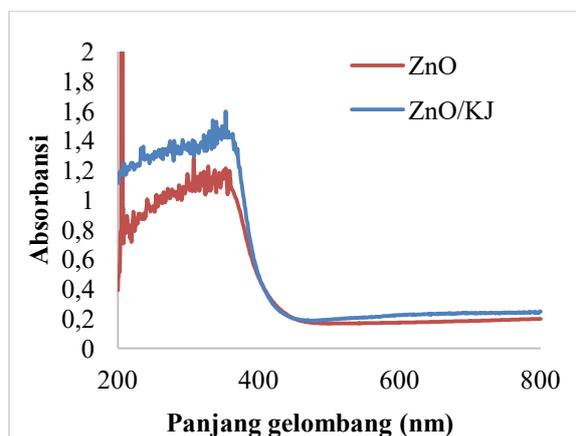
Material	(h,k,l)	2θ (°)	d (Å)	Struktur Kristal	Sistem Kristal	Kristalinitas
JCPDS	(100)	31,77	2,814	<i>Wurtzite</i>	Heksagonal	-
	(002)	34,42	2,602			
	(101)	36,25	2,475			
ZnO	(100)	31,79	2,811	<i>Wurtzite</i>	Heksagonal	73,45
	(002)	34,46	2,601			
	(101)	36,28	2,475			
ZnO/KJ	(100)	31,82	2,811	<i>Wurtzite</i>	Heksagonal	72,75
	(002)	34,50	2,598			
	(101)	36,28	2,475			

Secara umum, kemampuan degradasi dikendalikan oleh luas permukaan yang menunjukkan ketergantungan langsung pada ukuran partikel dan kristalinitas. ZnO memiliki persen kristalinitas sebesar 73,45 % sedangkan ZnO/KJ memiliki persen kristalinitas sebesar 72,75 % (Table 2). Sehingga dapat dikatakan bahwa

kristalinitas pada material ZnO/KJ lebih rendah daripada ZnO sehingga ZnO/KJ memiliki kontribusi yang baik dalam proses degradasi daripada ZnO. Kristalinitas yang rendah menyebabkan luas permukaan partikel menjadi besar dan ruang pori-pori menjadi banyak sehingga peluang untuk mendegradasi zat warna juga semakin tinggi karena adsorpsi terhadap zat warna yang lebih baik.

3.3 Analisis Diffuse Reflectance (DR) UV ZnO dan ZnO/KJ

Analisis DR-UV (*Diffuse Reflectance UV-Visible*) untuk mengetahui energi lebar celah pita dan panjang gelombang tepi. Hasil karakterisasi dengan DR-UV dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum DR-UV untuk ZnO dan ZnO/KJ

Gambar 3 menunjukkan bahwa responsivitas ZnO/KJ yang diamati menggunakan *Diffuse Reflectance UV-Visible Spectrometer* (DR-UV) pada panjang gelombang 200-800 nm. Pada gambar tersebut terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara ZnO dan ZnO/KJ yaitu adanya pergeseran daerah serapan pada ZnO/KJ ke arah panjang gelombang yang lebih panjang. Terjadinya pergeseran serapan pada ZnO/KJ ke daerah panjang gelombang yang lebih panjang menunjukkan bahwa ZnO/KJ memiliki responsivitas lebih tinggi pada daerah sinar tampak di bandingkan dengan ZnO. Hal ini terjadi karena penambahan kulit jeruk ke

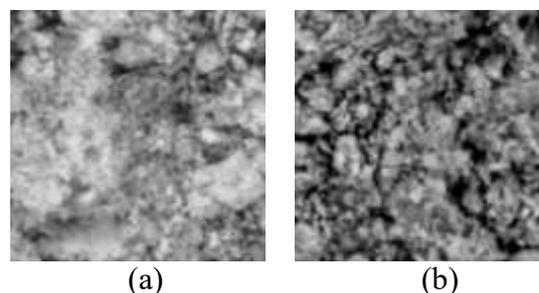
dalam ZnO dapat meningkatkan respon pada cahaya tampak yang menyebabkan terjadinya pergeseran serapan pada daerah cahaya tampak dan nilai E_g yang semakin kecil [5]. Nilai celah energi dan panjang gelombang tepi untuk ZnO dan ZnO/KJ disajikan pada Tabel 3. Nilai celah energi ZnO/KJ sebesar 3,20 eV dan panjang gelombang tepi sebesar 387,89 nm. Sedangkan nilai celah energi ZnO sebesar 3,25 eV dan panjang gelombang tepi sebesar 381,92 nm. Berdasarkan hal tersebut nilai celah pita ZnO/KJ lebih kecil daripada ZnO, sehingga ZnO/KJ memiliki kontribusi yang lebih baik dalam proses fotodegradasi metilen biru dibandingkan ZnO.

Tabel 3. Nilai Energi Celah Pita Dari ZnO dan ZnO/KJ

Material	Band Gap (eV)	λ tepi (nm)
ZnO	3,25	381,92
ZnO/KJ	3,20	387,89

3.4 Analisis SEM ZnO dan ZnO/KJ

Analisis SEM digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan ZnO dan ZnO/KJ. Pengujian dilakukan dengan ukuran perbesaran 10.000 X. Hasil pengujian SEM di tujukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Uji SEM (a) ZnO dan (b) ZnO/KJ

Gambar 4 menunjukkan bahwa ZnO/KJ memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar dan lebih homogen dibandingkan ZnO sehingga mempunyai

luas permukaan yang lebih besar dibandingkan ZnO. Hal tersebut memberikan kontribusi yang lebih baik dalam proses degradasi daripada ZnO karena luas permukaan yang besar akan memperbesar adsorpsi zat warna dan kontak dengan katalis, sehingga kemampuan mendegradasi zat warna tersebut juga semakin tinggi.

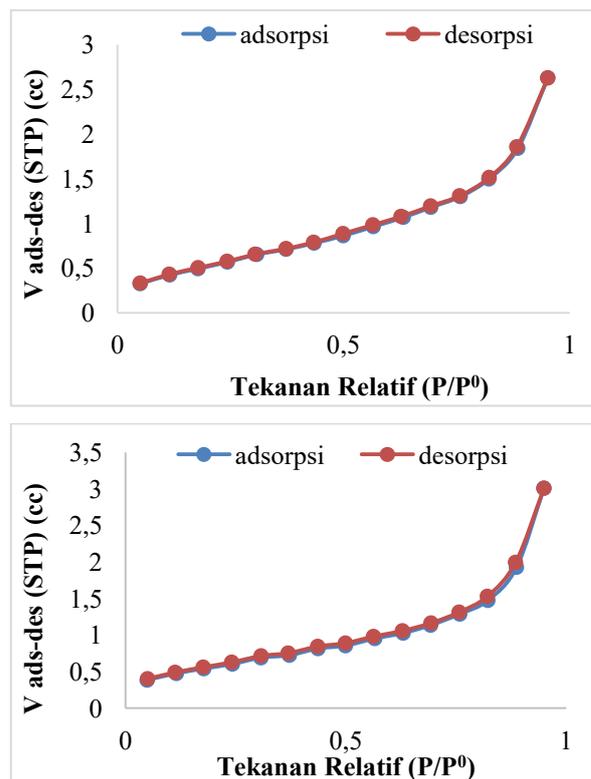
3.5 Analisis BET ZnO dan ZnO/KJ

Analisis BET (Brunauer-Emmet-Teller) untuk menentukan ukuran pori dan luas permukaan. Sedangkan untuk pengukuran volume pori dilakukan dengan metode BJH (Barreot-Joiner-Halenda). Hasil Analisis BET untuk ZnO dan ZnO/KJ disajikan pada Tabel 4 dimana luas permukaan ZnO/KJ lebih besar dari ZnO. ZnO/KJ memiliki luas permukaan 30,94 m²/g, sedangkan ZnO memiliki luas permukaan 28,08 m²/g. Kemampuan katalis untuk mengadsorpsi zat warna akan bertambah besar apabila memiliki luas permukaan yang besar sehingga kemampuan untuk degradasi zat warna juga semakin tinggi [7].

Berdasarkan ukuran pori yang dimiliki ZnO dan ZnO/KJ, kedua material ini termasuk dalam struktur material mesopori. Hasil tersebut didukung Analisa BET pada grafik plot antara Relative Pressure dan Volume STP yang dapat dilihat pada Gambar 5. ZnO dan ZnO/KJ mengikuti kurva isothermal tipe III, dimana ZnO dan ZnO/KJ mengalami adsorpsi multilayer. Adanya perbedaan jumlah gas yang teradsorpsi dan terdesorpsi dengan tekanan yang sama menyebabkan terjadinya *hysteresis loop* [4] sehingga dapat dikatakan bahwa material ZnO dan ZnO/KJ termasuk material mesopori.

Tabel 4. Hasil Analisis BET untuk ZnO dan ZnO/KJ

Material	Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cc/g)	Ukuran Pori (nm)
ZnO	28,08	0,05806	3,899
ZnO/KJ	30,94	0,06935	4,331

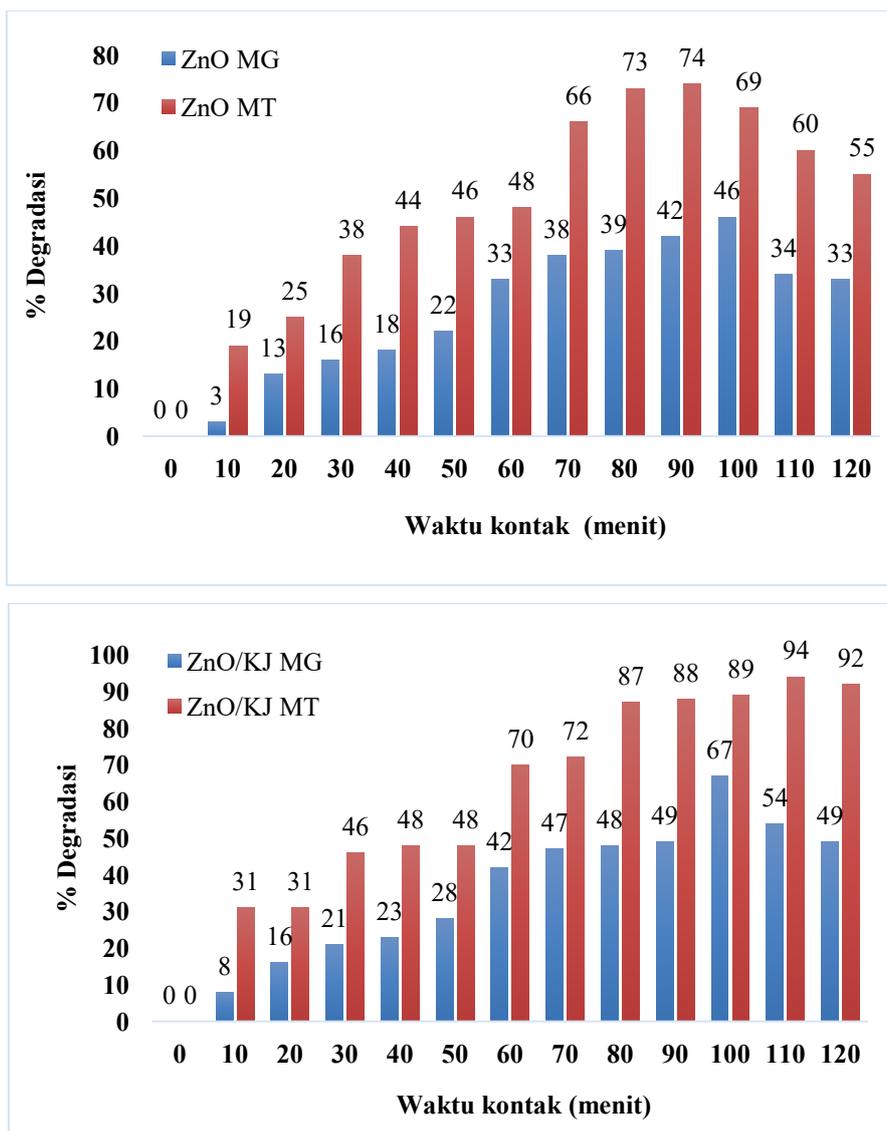


Gambar 5. Grafik hasil analisa BET ZnO. (atas) dan ZnO/KJ (bawah).

3.6 Aktifitas Fotokatalitik ZnO/KJ dalam mendegradasi metilen biru

Persentase metilen biru yang berhasil terdegradasi oleh ZnO dan ZnO/KJ pada suhu kamar pada 25 °C sebagai fungsi waktu kontak dimana konsentrasi awal metilen biru adalah sebesar 6 mg/L ditampilkan pada Gambar 6. Nilai persen degradasi tertinggi menggunakan ZnO/KJ adalah sebesar 67 % pada mode gelap dan 94 % pada mode terang. Sedangkan ZnO hanya mampu mendegradasi metilen biru sebesar 46 % pada mode gelap dan 74% pada mode terang. Dengan demikian, ZnO/KJ lebih efektif digunakan untuk menghilangkan zat warna metilen biru daripada ZnO.

Data tersebut juga menunjukkan bahwa penambahan kulit jeruk meningkatkan kemampuan ZnO dalam mendegradasi zat warna metilen biru di



Gambar 6. Persen degradasi metilen biru pada variasi waktu kontak menggunakan ZnO (atas) dan ZnO/KJ (bawah).

bawah sinar UV. Waktu optimum diperoleh pada 100 menit untuk ZnO mode gelap dan 90 menit pada mode terang sedangkan dengan menggunakan ZnO/KJ diperoleh waktu optimum 100 menit pada mode gelap dan 110 pada mode terang.

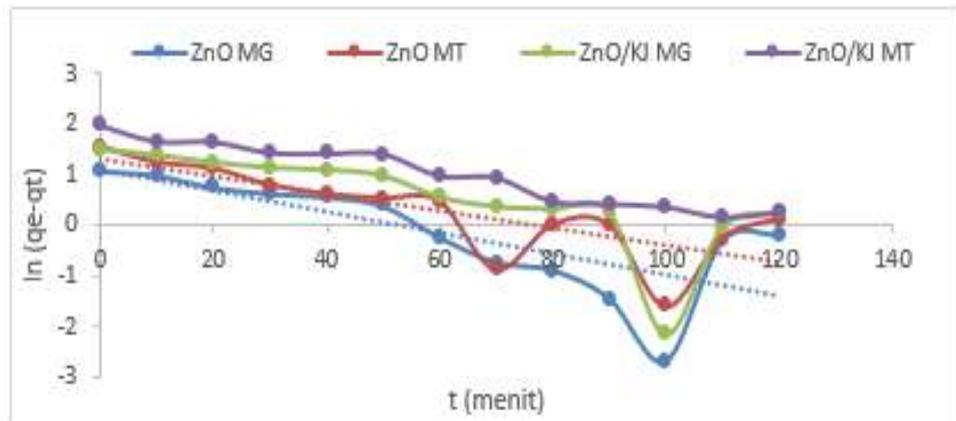
Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan hasil karakterisasi ZnO/KJ menggunakan XRD, DR UV, SEM dan BET dimana pada analisis XRD menunjukkan bahwa kristalinitas yang diperoleh pada material ZnO/KJ lebih

rendah daripada ZnO sehingga ZnO/KJ memiliki kontribusi yang lebih baik

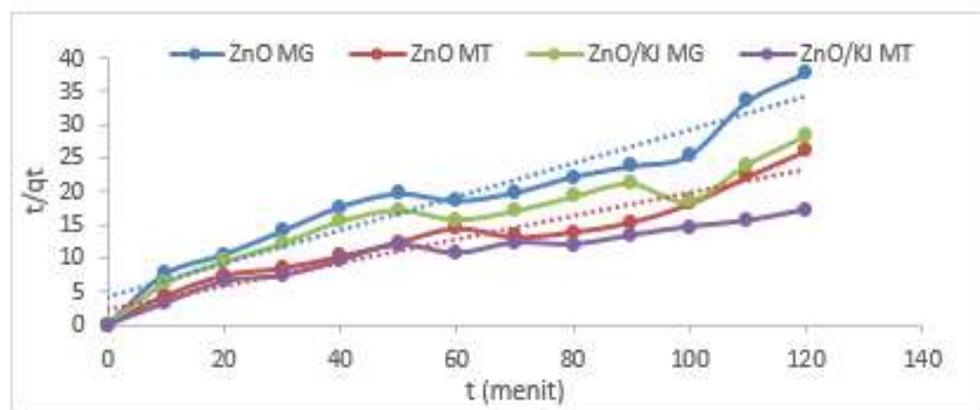
dibandingkan ZnO dalam proses degradasi metilen biru. Hasil analisis DR UV menunjukkan bahwa nilai celah energi ZnO/KJ lebih kecil daripada ZnO sehingga ZnO/KJ memiliki efektifitas yang lebih baik dalam proses degradasi dibandingkan ZnO yang didukung oleh hasil analisis menggunakan SEM dan BET.

3.7 Kinetika Adsorpsi

Penentuan orde reaksi dari proses adsorpsi dan konstanta laju reaksi dapat dianalisis menggunakan persamaan kinetika reaksi orde satu semu atau orde dua semu. Reaksi orde satu semu hanya



Gambar 7. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde pertama ZnO dan ZnO/KJ



Gambar 8. Grafik kinetika adsorpsi orde dua semu ZnO dan ZnO/KJ

bergantung pada konsentrasi satu reaktan (reaksi molekul tunggal). Reaksi orde dua semu tergantung pada konsentrasi satu reaktan orde kedua atau dua reaktan orde pertama. Penentuan model kesetimbangan bergantung pada harga koefisien (R^2) dimana harga R^2 lebih tinggi atau mendekati 1 adalah model kesetimbangan yang sesuai (Gambar 7 dan 8) dengan nilai koefisien korelasi masing-masing model kinetika yang disajikan pada Tabel 5.

Nilai regresi linier (R^2) dari model orde dua semu lebih besar dibandingkan nilai R^2 model orde pertama semu. Hal tersebut membuktikan bahwa adsorpsi zat warna metilen biru oleh ZnO & ZnO/KJ mengikuti model kinetika reaksi orde dua semu. Model orde kedua semu diklasifikasikan sebagai adsorpsi kimia antara adsorbat dengan adsorben.

Tabel 5. Konstanta Laju Reaksi dan Regresi Linier untuk Orde Satu Semu Dan Orde Dua Semu

Sampel	Orde Satu Semu		Orde Dua Semu	
	k_1	R^2	k_2	R^2
	ZnO MG	0,021	0,5639	0,01.
ZnO MT	0,017	0,6152	0,013	0,9322
ZnO/KJ MG	0,181	0,5506	0,007	0,8893
ZnO/KJ MT	0,015	0,9567	0,004	0,9134

4. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi ZnO/KJ menggunakan analisis FTIR, SEM, XRD, DR-UV, dan BET terbukti bahwa ZnO/KJ mempunyai aktifitas fotokatalitik yang lebih baik dalam mendegradasi zat warna metilen biru daripada ZnO. Nilai aktifitas fotokatalisis pada ZnO/KJ menunjukkan bahwa presentase degradasi meningkat seiring dengan peningkatan waktu penyinaran. Hal ini terbukti dengan kemampuan ZnO/KJ dalam mendegradasi zat warna metilen biru pada waktu 100 menit sebesar 67% pada mode gelap dan pada waktu 110 menit sebesar 94 % pada mode terang. Sedangkan ZnO pada waktu 100 menit hanya mampu mendegradasi zat warna metilen biru sebesar 46% pada mode gelap dan pada waktu 90 menit sebesar 74% pada mode terang. Berdasarkan data laju adsorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi zat warna metilen biru oleh ZnO dan ZnO/KJ mengikuti model orde dua semu yang melibatkan proses adsorpsi melibatkan adsorpsi kimia.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan juga staff dari Laboratorium Kimia Universitas Islam Kadiri yang telah memfasilitasi dan membantu penelitian ini sehingga dapat berjalan lancar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kautsar, A., Ramadhana, K., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. (2013). Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan TiO_2 - Zeolit Dengan Penambahan Ion Persulfat. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(2), 168–174.
- [2] Naa, O., Solihudin, & Lubis, R. A. (2013). Sintesis Komposit Zno / Magadiit Untuk Fotokatalis Zat Warna Metilen Biru Dan Metil Oranye. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN Bandung*, 217–220.
- [3] Wismayanti, D., Diantariani, N., & Santi, S. (2015). Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, 9(1), 109–116.
<https://doi.org/10.24843/JCHEM.2015.V09.I01.P18>
- [4] Kusumawati, Y. (2019). Perbandingan Efektivitas Dekolorisasi Fotokatalitik Metilen Biru Dan Metil Jingga Menggunakan Semikonduktor Zno Pada Variasi Ph. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 75–84.
<https://doi.org/10.25077/Jrk.V10i2.328>
- [5] Rosanti, A. D. (2022). Adsorption Of Methylene Blue And Methyl Orange From Aqueous Solution Using Orange Peel And CTAB-Modified Orange Peel. *Journal of The Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 9(1), 237–246.
<https://doi.org/10.18596/jotcsa.1003132>
- [6] Krishnan A, George D. (2016). Methylene blue removal using orange peel. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.;7(4):250–2.
- [7] Oktapiani, N.K.A, Simpen, I. N., Sutanegara, I.M. (2021). Fotodegradasi Rhodamin B Oleh Katalis Zeolit Alam- TiO_2 /Zno dan Irradiasi Sinar Tampak. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)* 15 (1),
<https://doi.org/10.24843/JCHEM.2021.v15.i01.p13>