Jurnal Sains dan Edukasi Sains
Vol.8, No.2, Agustus 2025: 150-158
https://doi.org/10.24246/juses.v8i2p150-158

Penggunaan Komposit ZnO/*Perlite* untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

Burhanudin Burhanudin*, Tien Setyaningtyas, Kapti Riyani

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas, Jawa Tengah, 53123

*email korespondensi: udinburhan0901@gmail.com

Received: 26 Januari 2025; ***Revised***: 16 Maret 2025; ***Accepted***: 26 Juni 2025; ***Published***: 1 Agustus 2025

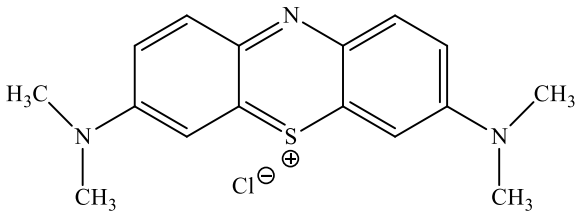
ABSTRAK

Limbah pembuangan pada industri yang semakin berkembang menyebabkan pencemaran yang disebabkan oleh zat pencemar. Limbah cair yang berasal dari industri tekstil adalah salah satu limbah yang mengandung zat warna beracun seperti metilen biru yang tidak mudah terurai di lingkungan. Maka dari itu, perlu dilakukan suatu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan material fotokatalisis. Material fotokatalis yang sering digunakan yaitu oksida logam semikonduktor seperti ZnO. Namun, semikonduktor ZnO masih memiliki keterbatasan dalam aplikasinya. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, katalis ZnO akan dikombinasikan dengan material pendukung seperti perlite yang merupakan material berpori dan ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji keefektifan ZnO/Perlite dalam mendegradasi zat warna metilen biru. Komposit ZnO/Perlite dengan komposisi 20% menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang paling tinggi dibandingkan komposit ZnO/Perlite dengan komposisi 30% dan 10%. Kondisi optimum pada komposit ZnO/Perlite 20% dalam mendegradasi metilen biru dicapai pada kondisi pH 11 dengan massa 0,3 gram dan penyinaran sinar ultraviolet selama 2 jam, aktivitas fotokatalitik yang dihasilkan sebesar 47,59% serta gabungan adsorpsi dan aktivitas fotokatalitik sebesar 78,1%. Pada analisis XRD diperoleh karakteristik puncak kristal ZnO berstruktur wurtzite pada (100); (002); (101); (102); (110); (103); dan (112); sedangkan sudut difraksi 2θ (10^o-30^o) menunjukkan sifat amorf perlite. Pada hasil DRS diperoleh bahwa komposit ZnO/Perlite 20% memiliki nilai celah pita (band gap) sebesar 3,21 eV.

Kata-kata kunci: *Fotodegradasi; Fotokatalis; Metilen biru; Semikonduktor; ZnO/Perlite*

PENDAHULUAN

Limbah pembuangan pada industri yang semakin berkembang menyebabkan terjadinya pencemaran oleh berbagai macam zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan hidup dan organisme. Salah satu zat pencemar yang dapat mencemari lingkungan adalah limbah cair yang berasal dari industri tekstil yang masih mengandung berbagai zat warna yang memiliki efek racun pada manusia. Limbah zat warna tekstil menjadi perhatian tersendiri dikarenakan struktur aromatik pada zat warna sulit terurai (Qodri, 2011). Zat warna tekstil biasanya menggunakan zat warna sintetis, salah satu contohnya adalah metilen biru yang sering digunakan dalam industri tekstil. Metilen biru merupakan jenis senyawa kompleks aromatik heterosiklik bersifat kationik yang memiliki struktur benzena yang sulit untuk diuraikan pada lingkungan serta berbahaya bagi kesehatan (Syahvalensi et al., 2019). Apabila limbah cair dari industri tekstil masih mengandung zat warna metilen biru tersebut maka akan sangat mencemari lingkungan dan membahayakan makhluk hidup di sekitarnya. Oleh karena itu, harus dilakukan suatu cara untuk mengurangi pencemaran limbah zat warna ini.



Gambar 1. Struktur kimia metilen biru (Hamdaoui & Chiha, 2007)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi limbah zat warna yaitu dengan menggunakan material fotokatalisis. Material fotokatalis memiliki kapabilitas untuk menguraikan senyawa organik dan zat pencemar yang ada di dalam air limbah industri. Suatu material fotokatalis mampu

mempercepat laju reaksi oksidasi maupun reduksi melalui reaksi fotokimia. Material fotokatalis yang sering digunakan yaitu material semikonduktor oksida logam (Fiolida, 2016). Contoh material semikonduktor oksida logam antara lain yaitu TiO_2, CuO, ZnO, dan Fe_2O_3. Pada penelitian kali ini, ZnO mendapat perhatian yang besar karena peranannya sebagai fotokatalis sehingga dapat diaplikasikan pada proses fotodegradasi zat warna. Penelitian (Bemis et al., 2019) telah membuktikan bahwa fotokatalis ZnO yang dimodifikasi dengan karbon aktif dapat mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 86,838%. Meskipun semikonduktor ZnO yang dimodifikasi banyak digunakan untuk aktivitas fotokatalitik yang tinggi, non-toksisitas dan murah, minat saat ini jauh lebih terfokus pada sintesis fotokatalis baru untuk mengatasi keterbatasannya dalam aplikasi. Beberapa dari keterbatasan tersebut adalah ZnO termodifikasi selalu dalam bentuk serbuk, selalu tenggelam atau tersuspensi ke dalam larutan yang menurunkan laju penggunaan cahaya, serbuk ZnO sulit didaur ulang, mudah menggumpal, dan menyebabkan masalah pemisahan dari larutan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, banyak perhatian telah diberikan untuk mengembangkan katalis ZnO yang dimodifikasi (Wang et al., 2015).

Baru-baru ini, beberapa penelitian telah mengembangkan konsep baru yaitu "*floating photocatalyst*" yang merupakan fotokatalis yang disintesis pada permukaan substrat yang dapat mengapung. Salah satu substrat yang dapat mengapung dan dapat dijadikan material pendukung untuk katalis ZnO yaitu *perlite*. *Perlite* merupakan bahan yang berpori dan ringan sehingga diharapkan mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi. Selain itu, *perlite* juga memiliki kemampuan sebagai *floating substrate* yang dapat mengatasi masalah pemisahan pada hasil fotokatalis sehingga diharapkan mampu meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari ZnO. Penelitian (Ngaha et al., 2019) telah membuktikan bahwa fotokatalis TiO_2 yang didukung dengan *perlite* mampu mendegradasi *thiamethoxam* dalam larutan berair sebesar 87% selama 270 menit. Selain itu, penelitian (Duranoğlu, 2016) juga telah membuktikan bahwa komposit TiO_2/*Perlite* dapat mendegradasi metilen biru sebesar 86,94%. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini digunakan fotokatalis ZnO yang akan dimodifikasi dengan *perlite* sehingga dapat diaplikasikan untuk degradasi zat warna metilen biru.

EKSPERIMEN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 7 bulan (November 2022 – Mei 2023) di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat gelas, pipet tetes, pipet volume, neraca analitik, ayakan 120 *mesh*, pompa vakum, oven, *magnetic stirrer, sentrifuge, furnace,* pH meter analitik, dan lampu ultraviolet. Bahan-bahan yang digunakan yaitu serbuk ZnO, *perlite*, zat warna metilen biru, akuades, asam nitrat (HNO_3) 1 M (Merck), etanol (C_2H_5OH) *absolute for analysis* (Merck), larutan HCl 1 M (Merck), dan larutan NaOH 1 M (Merck).

Instrumen

Instrumen-instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1601), XRD (PANalytical Xpert MPD), dan DRS (Perkin Elmer UV-Vis Lambda 365).

Prosedur Kerja

Preparasi *Perlite*

Preparasi *perlite* mengacu pada penelitian (Silva dkk., 2019). *Perlite* tersebut ditimbang sebanyak 50 g kemudian dicuci dengan 1 L akuades dan diaduk selama 12 jam pada suhu kamar dengan bantuan *magnetic strirrer*. Selanjutnya *perlite* disaring menggunakan kertas saring dengan bantuan pompa vakum. Setelah itu, *perlite* yang telah disaring kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 8 jam. Setelah *perlite* tersebut kering kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 120 *mesh* dan hasil ayakan disimpan dalam wadah polipropilen.

Sintesis dan Aktivasi Komposit ZnO/*Perlite*

Sintesis komposit ZnO/*Perlite* mengacu pada penelitian (Silva dkk., 2019). Komposit ZnO/*Perlite* akan disintesis dengan komposisi 10%, 20%, dan 30%. Untuk membuat komposit ZnO/*Perlite* 10%, sebanyak 1 g serbuk ZnO didispersikan dalam 36 mL etanol *absolute for analysis*. Kemudian ditambahkan 3 mL HNO_3 dengan pH 3,5 ke dalam larutan tersebut. Selanjutnya larutan tersebut disonikasi selama 15 menit, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit, pada proses tersebut ditambahkan *perlite* yang telah dipreparasi pada tahap sebelumnya secara bertahap sebanyak 10 g. Setelah itu, campuran yang diperoleh disaring dan dibiarkan menguap pada suhu kamar selama 20 menit untuk menguapkan kelebihan etanol. Selanjutnya hasil dari proses penyaringan tersebut dikalsinasi pada suhu 450 ^oC selama 30 menit menggunakan *furnace*. Setelah itu, serbuk yang diperoleh didinginkan dan dicuci menggunakan akuades. Kemudian hasil yang diperoleh didehidrasi pada suhu 120 ^oC dalam oven selama 24 jam, setelah hasil sintesis tersebut diperoleh maka segera dikemas dan disimpan dalam wadah polipropilen. Untuk membuat komposit ZnO/*Perlite* 20% dan 30% digunakan prosedur yang sama. Namun untuk jumlah serbuk ZnO, etanol *absolute for analysis*, dan HNO_3 yang digunakan berbeda, sedangkan jumlah *perlite* yang digunakan tetap sama yaitu sebanyak 10 g. Untuk membuat komposit ZnO/*Perlite* 20%, serbuk ZnO yang digunakan sebanyak 2 g, etanol *absolute for analysis* yang digunakan sebanyak 72 mL, dan HNO_3 yang digunakan sebanyak 6 mL. Sedangkan untuk membuat komposit ZnO/*Perlite* 30%, serbuk ZnO yang digunakan sebanyak 3 g, etanol *absolute for analysis* yang digunakan sebanyak 108 mL, dan HNO_3 yang digunakan sebanyak 9 mL.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan cara mengukur absorbansi larutan metilen biru. Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat larutan standar metilen biru 1000 ppm dari serbuk metilen biru yang dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kemudian dibuat larutan standar metilen biru dengan variasi konsentrasi yaitu 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; dan 3,0 ppm dengan mengencerkan larutan standar metilen biru 1000 ppm. Larutan standar metilen biru dengan konsentrasi sebesar 3,0 ppm diukur absorbansinya pada rentang 400 – 800 nm. Panjang gelombang dengan absorbansi tertinggi akan digunakan dalam penelitian ini.

Pembuatan Kurva Kalibrasi Metilen Biru

Kurva kalibrasi dibuat dengan cara memplotkan antara konsentrasi (x) dan absorbansi (y) sehingga diperoleh persamaan regresi linear y = bx + a. Persamaan regresi ini akan digunakan sebagai penentu konsentrasi dari sampel metilen biru yang telah didegradasi. Proses pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur absorbansi larutan standar metilen biru dengan variasi konsentrasi yaitu 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; dan 3,0 ppm menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan Massa Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

ZnO/*Perlite* yang telah disintesis dengan komposisi berbeda, masing-masing ditimbang dengan variasi massa 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 gram. Kemudian dimasukkan ke dalam erlenmyer yang berisi 50 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm. Selanjutnya larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam dengan masing-masing dalam keadaan gelap dan dalam keadaan disinari lampu ultraviolet dengan daya 20 Watt. Kemudian suspensi disentrifugasi selama 15 menit dan supernatan yang dihasilkan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Setelah itu, dihitung nilai persentase degradasi untuk masing-masing perlakuan.

Penentuan pH Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

ZnO/*Perlite* dimasukkan ke dalam erlenmyer yang berisi 50 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm dengan menggunakan massa yang optimum pada komposit yang memiliki aktivitas kerja fotokatalitik paling tinggi. Selanjutnya ditambahkan larutan HCl atau NaOH untuk mengatur titik pH dengan variasi pH yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11. Selanjutnya larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam dengan masing-masing dalam keadaan gelap dan dalam keadaan disinari lampu ultraviolet dengan daya 20 Watt. Kemudian suspensi disentrifugasi selama 15 menit dan supernatan yang yang dihasilkan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Setelah itu, dihitung nilai persentase degradasi untuk masing-masing perlakuan.

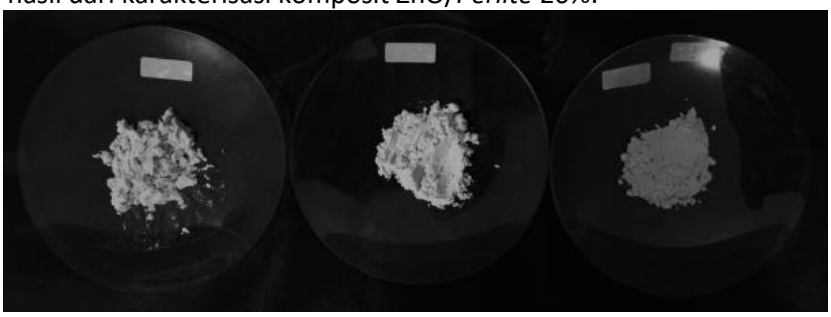
Penentuan Waktu Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

ZnO/*Perlite* dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm dengan menggunakan massa yang optimum pada komposit yang memiliki aktivitas kerja fotokatalitik paling tinggi dan kondisi pH yang optimum. Selanjutnya larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan masing-masing dalam keadaan gelap dan dalam keadaan disinari lampu ultraviolet dengan daya 20 Watt selama variasi waktu 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Kemudian suspensi disentrifugasi selama 15 menit dan supernatan yang dihasilkan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Setelah itu, dihitung nilai persentase degradasi untuk masing-masing perlakuan.

HASIL DAN DISKUSI

Sintesis dan Aktivasi Komposit ZnO/*Perlite*

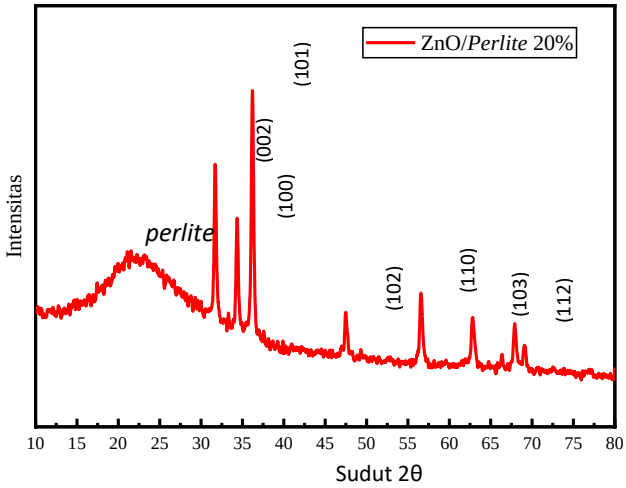
Komposit ZnO/*Perlite* yang telah disintesis dapat dilihat pada **Gambar 2**, terlihat ketiga komposit tersebut berbentuk serbuk dan berwarna putih yang menandakan sintesis komposit ZnO/*Perlite* telah berhasil dilakukan. Komposit ZnO/*Perlite* yang telah disintesis pada tahap sebelumnya akan dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD dan DRS. Berdasarkan data penelitian, komposit ZnO/*Perlite* 20% memberikan nilai degradasi yang tinggi dibandingkan dengan komposit ZnO/*Perlite* 10% dan 30% sehingga akan dikarakterisasi lebih lanjut untuk mengetahui bahwa fotokatalis ZnO/*Perlite* telah berhasil disintesis. Berikut merupakan hasil dari karakterisasi komposit ZnO/*Perlite* 20%:



Gambar 2. Komposit ZnO/*Perlite* (10%, 20%, 30%)

Karakterisasi XRD

Komposit ZnO/*Perlite* 20% dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui fase kristal yang terbentuk melalui difraktogram dengan munculnya puncak-puncak sudut difraksi 2θ yang spesifik. **Gambar 3** menunjukkan pola difraktogram XRD dari komposit ZnO/*Perlite* 20%.



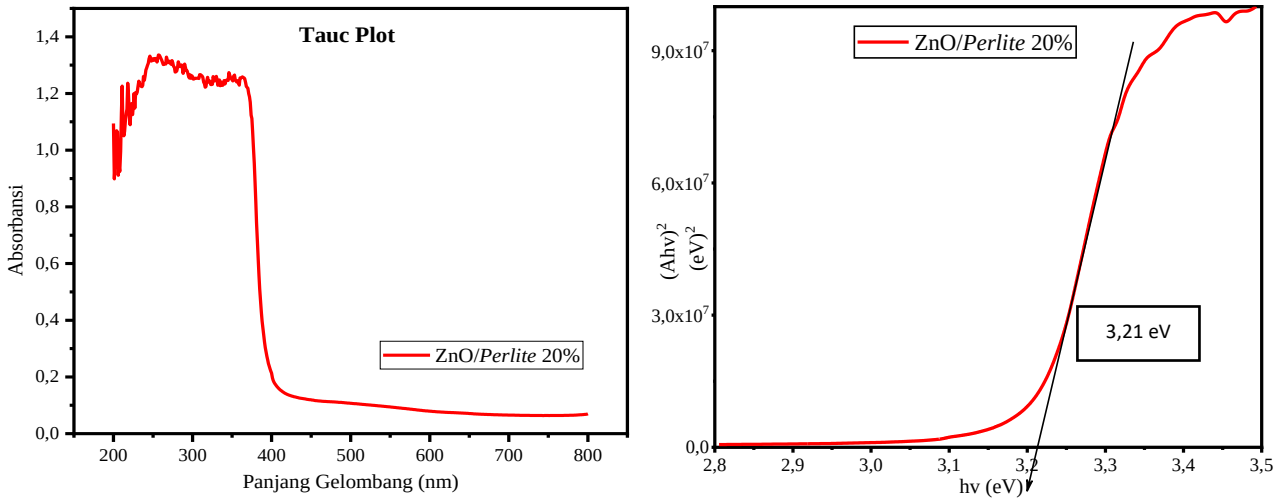
Gambar 3. Difraktogram XRD komposit ZnO/*Perlite* 20%

Pola difraktogram (**Gambar 3**) sudut difraksi 2θ dari 10°-30° menunjukkan karakteristik *perlite* sebagai material *amorf*. Menurut penelitian (Almeida et al., 2018) menyatakan bahwa karakteristik tersebut ketika adanya proses kalsinasi pada suhu yang tinggi mampu mempertahankan karakteristik material tanpa terjadi proses kristalinitas. Sudut difraksi 2θ 31,68° (100); 34,35° (002); 36,23° (101); 47,45° (102); 56,58° (110); 62,75° (103); dan 67,97° (112) merupakan puncak XRD paling intens yang menunjukkan

karakteristik dari ZnO yang memiliki struktur *wurtzite* atau struktur yang memiliki bentuk heksagonal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian (Kumar dkk., 2012) yang menyatakan bahwa puncak-puncak tersebut sesuai dengan hasil yang disebutkan dalam literatur (Fernandes dkk., 2011) yaitu ZnO memiliki struktur *wurtzite*. Dengan demikian, hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa komposit ZnO/*Perlite* telah berhasil disintesis.

Karakterisasi DRS

Komposit ZnO/*Perlite* 20% dikarakterisasi menggunakan DRS untuk mengetahui besarnya energi *band gap* dari ZnO. Besarnya energi *band gap* yang dihasilkan akan mempengaruhi kinerja dari material ZnO dalam mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. **Gambar 4** menunjukkan spektrum DRS hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi dari komposit ZnO/*Perlite* 20%.

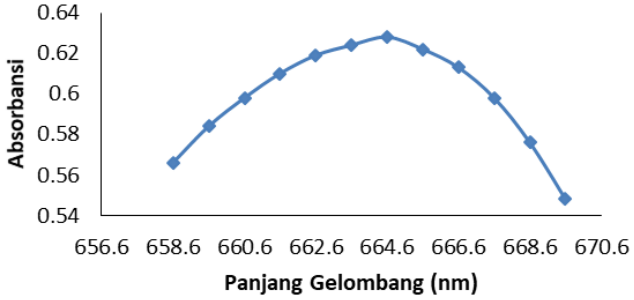


Gambar 4. Grafik perhitungan Tauc Plot ZnO/*Perlite* 20%

Spektrum yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metode Tauc Plot untuk menentukan energi *band gap* dari komposit ZnO/*Perlite* 20%. **Gambar 4** menunjukkan grafik hubungan antara hv dan $(Ahv)^2$. Berdasarkan metode analisis tersebut diperoleh energi *band gap* dari komposit ZnO/*Perlite* 20% sebesar 3,21 eV. Energi *band gap* yang diperoleh mengalami penurunan dibandingkan dengan energi *band gap* dari sampel ZnO murni yaitu sebesar 3,37 eV (Davis dkk., 2019). Hal tersebut disebabkan karena adanya penambahan material *perlite* dalam struktur ZnO sehingga membentuk energi *band gap* baru yang akan memberikan kemampuan dari ZnO untuk menyerap cahaya pada energi yang lebih kecil. Semakin kecil nilai energi *band gap* maka kemampuan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi menjadi lebih mudah (Jumardin dkk., 2022). Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat membuktikan bahwa komposit ZnO/*Perlite* telah berhasil disintesis.

Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

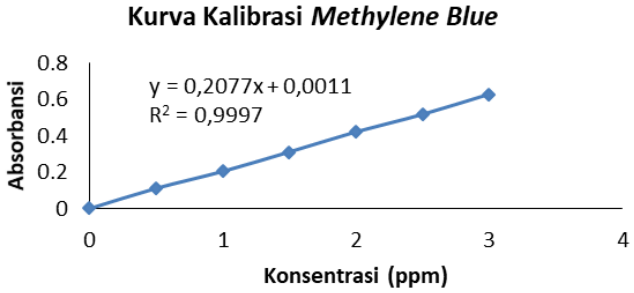
Panjang gelombang maksimum diperoleh dari kurva hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi (Dwiasi dkk., 2018). Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum secara spesifik dimana zat warna dapat menyerap radiasi sinar secara optimum. Berdasarkan grafik pada **Gambar 5** panjang gelombang maksimum metilen biru sebesar 664,6 nm. Panjang gelombang maksimum dari larutan metilen biru yang diperoleh akan digunakan untuk pengukuran absorbansi dari hasil degradasi larutan metilen biru.



Gambar 5. Grafik panjang gelombang maksimum metilen biru

Kurva Kalibrasi Metilen Biru

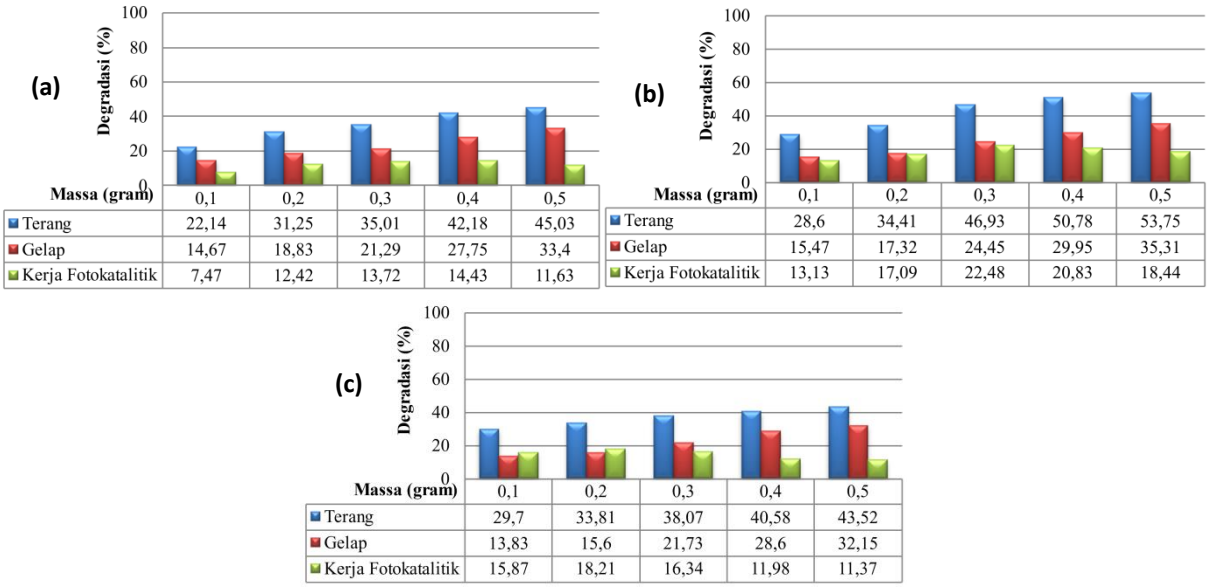
Kurva kalibrasi merupakan kurva hubungan antara konsentrasi dan aborbansi larutan. Proses pembuatan kurva kalibrasi larutan *methylene blue* dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar *methylene blue* pada variasi konsentrasi yaitu 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; dan 3,0 ppm pada panjang gelombang maksimum 664,6 nm. Berdasarkan **Gambar 6** kurva kalibrasi larutan standar *methylene blue* menunjukkan garis lurus dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9997 yang mendekati nilai 1. Terdapat hubungan yang linear antara konsentrasi dan absorbansi larutan. Persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu y = 0,2077x + 0,0011.



Gambar 6. Kurva kalibrasi larutan standar metilen biru

Massa Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

Berdasarkan pengamatan (**Gambar 7**) kerja fotokatalitik optimum dari komposit ZnO/*Perlite* 10%; 20%; dan 30% secara berturut-turut yaitu 14,43%; 22,48%; dan 18,21%. Sedangkan massa optimum yang diperoleh pada masing-masing kompositnya secara berturut-turut yaitu 0,4; 0,3; dan 0,2 gram. Perbedaan hasil dari penentuan massa optimum tersebut berkaitan dengan perbedaan komposisi ZnO yang digunakan pada masing-masing kompositnya. Hal tersebut disebabkan karena ZnO berfungsi sebagai katalisator dalam proses degradasi senyawa metilen biru (Khan dkk., 2015), semakin besar komposisi ZnO yang digunakan maka semakin kecil massa optimum yang akan diperoleh pada proses degradasi. Dari tiga komposit yang sudah diuji, dapat disimpulkan bahwa komposit ZnO/*Perlite* 20% memiliki aktivitas kerja fotokatalitik tertinggi.



Massa (gram)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Terang	22,14	31,25	35,01	42,18	45,03
Gelap	14,67	18,83	21,29	27,75	33,4
Kerja Fotokatalitik	7,47	12,42	13,72	14,43	11,63

Massa (gram)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Terang	28,6	34,41	46,93	50,78	53,75
Gelap	15,47	17,32	24,45	29,95	35,31
Kerja Fotokatalitik	13,13	17,09	22,48	20,83	18,44

Massa (gram)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Terang	29,7	33,81	38,07	40,58	43,52
Gelap	13,83	15,6	21,73	28,6	32,15
Kerja Fotokatalitik	15,87	18,21	16,34	11,98	11,37

Gambar 7. Grafik pengaruh massa ZnO/*Perlite* (a) 10% (b) 20% (c) 30% terhadap degradasi metilen biru

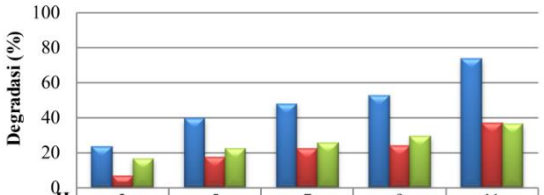
Berdasarkan pengamatan (**Gambar 7**) terlihat bahwa nilai aktivitas fotokatalitik pada setiap komposit meningkat seiring dengan meningkatnya penambahan jumlah komposit ZnO/*Perlite*. Hal tersebut disebabkan karena ZnO/*Perlite* sebagai material fotokatalis mampu membantu proses degradasi metilen biru dan menyebabkan proses degradasi berlangsung lebih cepat. Selain itu, peran *perlite* sebagai material berpori juga dapat meningkatkan daya adsorpsi dari komposit sehingga dapat membantu proses degradasi. Namun, seiring meningkatnya jumlah massa komposit ZnO/*Perlite* yang ditambahkan menyebabkan

terjadinya penurunan aktivitas kerja fotokatalitik setelah mencapai massa optimumnya. Hal ini disebabkan karena jumlah yang tidak seimbang antara komposit ZnO/*Perlite* dengan energi dari sinar UV yang diberikan sehingga hal tersebut menyebabkan proses eksitasi elektron yang tidak maksimal dari pita valensi ke pita konduksi sehingga berpengaruh pada berkurangnya jumlah radikal hiroksil (OH•) yang berperan sebagai agen pendegradasi (Bemis dkk., 2019).

pH Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

Berdasarkan pengamatan (**Gambar 8**) terlihat bahwa nilai aktivitas degradasi kerja fotokatalitik pada komposit ZnO/*Perlite* 20% meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH. Hal tersebut disebabkan karena kenaikan nilai pH larutan dapat memicu konsentrasi ion OH^- yang semakin meningkat sehingga dapat bereaksi dengan h^+ pada pita valensi yang akan membentuk radikal hiroksil (OH•) yang semakin banyak. Semakin banyak radikal hiroksil (OH•) yang terbentuk maka semakin banyak metilen biru yang terdegradasi (Qourzal dkk., 2009). Radikal hidroksil (OH•) merupakan oksidator kuat yang pada penelitian ini berguna untuk mengoksidasi zat warna metilen biru menjadi senyawa NH_4^+, SO_2^-, CO_2 dan H_2O (Lachheb dkk., 2002). Berdasarkan teori, permukaan ZnO di atas pH 9 akan bermuatan negatif sehingga zat warna yang bermuatan positif akan lebih mudah teradsorpsi pada permukaan ZnO dalam kondisi alkali (Ali & Siew, 2008). Berikut adalah persamaan reaksi yang terjadi ketika ZnO berada pada kondisi alkali:

$$ZnOH + OH^- \longrightarrow ZnO^- + H_2O$$



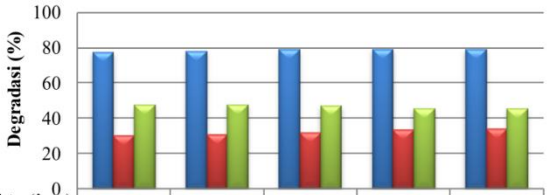
pH	3	5	7	9	11
Terang	23,39	39,42	47,84	52,9	73,54
Gelap	6,76	17,23	22,47	23,74	37,14
Kerja Fotokatalitik	16,63	22,19	25,37	29,16	36,4

Gambar 8. Grafik pengaruh pH komposit ZnO/*Perlite* 20% terhadap degradasi metilen biru

Berdasarkan persamaan reaksi di atas terlihat bahwa permukaan ZnO mengalami deprotonasi pada kondisi alkali sehingga dihasilkan produk berupa ZnO yang memiliki permukaan bermuatan negatif (Andari, 2016). Pada penelitian ini, metilen biru adalah zat warna yang memiliki muatan positif sehingga proses fotodegradasi metilen biru menggunakan komposit ZnO/*Perlite* 20% efektif pada kondisi alkali yaitu pada pH 11 dengan aktivitas kerja fotokatalitik sebesar 36,4%.

Waktu Optimum Komposit ZnO/*Perlite*

Berdasarkan pengamatan (**Gambar 9**) terlihat bahwa nilai aktivitas degradasi dalam kondisi terang pada komposit ZnO/*Perlite* 20% meningkat seiring dengan bertambahnya waktu radiasi. Hal ini disebabkan karena lamanya radiasi menyebabkan lamanya waktu kontak antara foton dengan fotokatalis ZnO/*Perlite*. Semakin banyak elektron yang mengalami eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi maka akan semakin banyak pula radikal superoksida (O_2•$^-$) yang berfungsi sebagai reduktor dan radikal hidroksil (OH•) yang berfungsi sebagai oksidator dalam mendegradasi zat warna metilen biru (Attia dkk., 2007).



Waktu (jam)	1	2	3	4	5
Terang	77,45	78,1	78,9	79,05	79,15
Gelap	30,05	30,51	31,91	33,46	34,06
Kerja Fotokatalitik	47,4	47,59	46,99	45,59	45,09

Gambar 9. Grafik pengaruh waktu komposit ZnO/*Perlite* 20% terhadap degradasi metilen biru

Namun seiring bertambahnya waktu, nilai aktivitas fotokatalitik pada setiap komposit mengalami penurunan ketika telah mencapai waktu optimumnya. Hal tersebut terjadi akibat adanya proses rekombinasi elektron yang mana pada proses tersebut elektron yang telah tereksitasi ke pita konduksi akan kembali ke pita valensi sehingga tidak dihasilkan spesi atau pasangan h^+ dan e^- sebagai pemicu reaksi

pembentukan radikal hidroksil (OH•) (Bemis dkk., 2019). Berdasarkan hasil uji dari penentuan waktu optimum yang telah dilakukan menunjukkan bahwa waktu optimum yang digunakan pada komposit ZnO/*Perlite* 20% selama 2 jam dengan aktivitas kerja fotokatalitik sebesar 47,59%.

Stabilitas dan Penggunaan Kembali Komposit

Penggunaan kembali komposit setelah proses fotodegradasi sebetulnya dapat dilakukan, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kestabilan dari katalis dalam mendegradasi zat warna secara berulang. Namun pada penelitian ini proses tersebut tidak dilakukan, dikarenakan keterbatasan waktu dalam penelitian. Jika proses tersebut dilakukan, kemungkinan hasil yang akan diperoleh yaitu penurunan nilai degradasi dari komposit. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan metilen biru yang tidak terdesorpsi secara menyeluruh sehingga akan membentuk agegrat di sekitar partikel komposit yang dapat menyebabkan tertutupnya sisi aktif pada permukaan katalis sehingga dapat menurunkan efektivitas fotokatalitiknya (Lestari et al., 2015).

KESIMPULAN

Komposit ZnO/*Perlite* 20% memiliki aktivitas fotokatalitik tertinggi dibandingkan dengan komposit ZnO/*Perlite* 30% dan 10%. Kondisi optimum komposit ZnO/*Perlite* 20% dalam mendegradasi metilen biru berada dalam kondisi pH 11 dengan massa 0,3 g dan penyinaran sinar ultraviolet selama 2 jam sehingga didapatkan hasil aktivitas fotokatalitik sebesar 47,59% serta nilai kombinasi adsorpsi dan aktivitas fotokatalitik sebesar 78,1%. Pada hasil XRD diperoleh puncak difraktogram yang diinterpretasikan (100); (002); (101); (102); (110); (103); dan (112) menandakan karakteristik dari kristal ZnO yang memiliki struktur *wurtzite*, serta sudut difraksi 2θ (10^o-30^o) menunjukkan karakteristik *perlite* sebagai material *amorf*. Sedangkan pada hasil DRS diperoleh ZnO/*Perlite* 20% memiliki nilai celah pita (*band gap*) sebesar 3,21 eV.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, R., & Siew, O. B. (2008). Photodegradation of New Methylene Blue in Aqueous Solution Using Zinc Oxide and Titanium Dioxide as Catalyst. *Desalination*, *1*, 1–14.

Almeida, J. M. F., Silva, D., Damasceno, J. E., & Fernandes, N. S. (2018). Modification of Expanded Perlite with Orthophenanthroline for Formation of Active Sites for Acid Dyes: Preparation and Characterization. *Periodico Tche Quimica*, *15*, 338–344.

Andari, E. Y. D. (2016). Pengaruh pH Awal Metilen Biru dan Lama Penyinaran terhadap Degradasi Metilen Biru Menggunakan Beads TiO_2N-Zeolit-Kitosan. *Skripsi*, Universitas Brawijaya, Malang.

Attia, A. J., Kadhim, S. H., & Hussen, F. H. (2007). Photocatalytic Degradation of Textile Dyeing Wastewater Using Titanium Dioxide and Zinc Oxide. *$^{E-}$Journal of Chemistry*, *2*, 219–223.

Bemis, R., Nurjanah, S., & Maghviroh, N. A. (2019). Sintesis dan karakterisasi fotokatalis ZnO/Karbon Aktif (KA) dan Aplikasinya Pada Degradasi Rhodamin B. *Chempublish Journal*, *4*(2), 101–113.

Davis, K., Yarbrough, R., Froeschle, M., White, J., & Rathnayake, H. (2019). Band Gap Engineered Zinc Oxide Nanostructure Via a Sol-Gel Synthesis of Solvent Driven Shape-Controlled Crystal Growth. *Royal Society of Chemistry*, *9*, 14638–14648.

Duranoğlu, D. (2016). Preparation of TiO_2/Perlite Composites by Using 23-1 Fractional Factorial Design. *JOTCSA*, *3*(3), 299–312. https://doi.org/10.18596/jotcsa.30978.

Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T., & Riyani, K. (2018). Penurunan Kadar Metilen Biru dalam Limbah Batik Sokaraja Menggunakan Sistem Fe_2O_3-H_2O_2-UV. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, *13*(1), 78–86.

Fernandes, D. M., Winkler, A. A., Lima, S. M., Andrade, L. H. C., Caires, A. R. L., & Pineda, E. A. G. (2011). Preparation, Characterization and Photoluminescence Study of PVA/ZnO Nanocomposite Films. *Mater. Chem. Phys.*, *128*, 371–376.

Fiolida, I. A. S. (2016). Preparasi dan Karakterisasi Komposit CuO-Zeolit Alam untuk Fotodegradasi Zata

Warna Rhodamin B dengan Sinar Ultraviolet. *Skripsi*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

Hamdaoui, O., & Chiha, M. (2007). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. *Acta Chimica Slovenica*, *54*(2), 407–418.

Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nano-Partikel Karbon (Carbon Dots) dengan Metode UV-Vis DRS (Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, *9*(1), 1–15.

Khan, S. H., Suriyaprabha, R., Pathak, B., & Fulekar, M. . (2015). Development of Zinc Oxide Nanoparticle by Sonochemical Method and Study of Their Physical and Optical Properties. *Journal Centre of Nanoscience*, *18*, 1–7.

Kumar, D., Jat, S. K., Khanna, P. K., Vijayan, N., & Banerjee, S. (2012). Synthesis, Characterization and Studies of PVA/Co-Doped ZnO Nanocomposite Films. *International Journal of Green Nanotechnology*, *4*, 408–416.

Lachheb, H., Puzenat, E., Houas, A., Ksibi, M., Elaoui, E., Guillard, C., & Herman, J. M. (2002). Photocatalytic Degradation of Various Types of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in Water by UV-Irradiated Titania. *Applied Catalysis B*, *39*, 75–90.

Lestari, Y. D., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO_2-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Journal, 1*(1), 592-598.

Ngaha, E., Sayen, S., Guillon, E., & Duranoğlu, D. (2019). Process Optimization with Box-Behnken Experimental Design for Photocatalytic Degradation of Thiamethoxam Using Perlite Supported TiO_2. *Desalination and Water Treatment*, *162*, 364–375. https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24402

Qodri, A. A. (2011). Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit TiO_2/SiO_2. *Skripsi,* Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Qourzal, S., Tamimi, M., Assabane, A., & Ait-Ichou, Y. (2009). Photodegradation of 2-Naphtol Using Nanocrystalline. *M. J. Condensed Mater*, *11*, 55–59.

Silva, N., Júnior, E. D., Almeida, J., Dias, E., Silva, S., & Fernandes, N. (2019). Experimental Design for Optimization of The Photocatalytic Degradation Process of The Remazol Red Dye by The TiO_2/Expanded Perlite Composite. *Environmental Technology*, *0*(0), 1–29. https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1672794

Syahvalensi, N., Rokhmat, M., & Wibowo, E. (2019). Pengaruh Penambahan Karbon pada Fotokatalist Berbahan Dasar TiO_2 untuk Mendegradasi Methylene Blue. *E-Prociding of Engineering*, *6*(1), 1189–1196.

Wang, X., Wang, W., Zhang, J., Gu, Z., Zhou, L., & Zhao, J. (2015). Enhanced Visible Light Photocatalytic Activity of Floating Photocatalyst Based on B-N-codoped TiO_2 Grafted on Expanded Perlite. *RSC Advances*, *10*.