

## PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT OPTIK LAPISAN TIPIS ZINC OXIDE (ZnO) YANG DIDEPOSISI DIATAS SUBSTRAT KACA DAN APLIKASINYA UNTUK MENDEGRADASI PEWARNA METHYLENE BLUE

Nur Hasim Efendi dan Heri Sutanto

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: Chialienc@gmail.com

### INTISARI

Lapisan ZnO telah berhasil dideposisikan diatas substrat kaca menggunakan teknik *spray coating* dengan variasi temperatur sintering 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C. Sifat optik lapisan tipis ZnO dikarakterisasi dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Kemampuan fotokatalis ZnO untuk mendegradasi warna methylene blue diamati melalui uji transmitansi dan absorbansi menggunakan UV-Vis untuk memperoleh persentasi degradasi warna. Semakin tinggi temperatur sintering maka energi gap cenderung akan naik. Energi gap terbesar dihasilkan dari lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C dengan nilai  $E_g$  3,03 eV. Hasil uji degradasi warna *methylene blue* dari lapisan tipis ZnO mampu mendegradasi warna hingga 97,62% yang diperoleh dari lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C.

**Kata kunci:** Fotokatalis, *Spray coating*, ZnO, Celah pita energi, *Methylene blue*, Temperatur Sintering.

### ABSTRACT

*In this research, ZnO thin films have been successfully deposited on glass substrates by spraycoatingtechnique with a variety of the sintering temperature of 300 °C, 400 °C, 450 °C and 550 °C. Optical properties ZnO thin films were characterized by using UV-Vis spectroscopy. The ability of photocatalyst of ZnO for degradation of methylene blue color was observed through the absorbance test by using UV-Vis to obtain the percentage of color degradation. The results showed that the sintering temperature of ZnO affects the value of energy Gap of ZnO thin film. Higher sintering temperature resulted in higher energy gap. The largest gap energy generated from the ZnO sintering temperature of 450 °C with values  $E_g$  3.03 eV. ZnO photocatalyst activity of test results have been able to degrade methylene blue up to 97.62% were obtained from ZnO thin layer of sintering temperature of 450 °C.*

**Keywords:** Photocatalyst, *Spray coating*, ZnO, Band gap energy, *Methylene blue*, Sintering temperature.

### PENDAHULUAN

Seiring perkembangan dunia industri menyebabkan penurunan kualitas lingkungan akibat berbagai macam pencemaran yang dihasilkan oleh limbah pabrik. Dalam beberapa tahun terakhir, fotokatalis semikonduktor mempunyai potensi besar untuk memecahkan masalah lingkungan. Dalam teknik material khususnya lapisan tipis, bahan yang biasa digunakan adalah InO, WO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO, ITO dan masih banyak lagi bahan lainnya. ZnO merupakan salah satu bahan dasar pembuatan lapisan tipis. ZnO adalah material semikonduktor tipe-*n* golongan II-VI dengan lebar *band gap* 3,20 eV pada suhu kamar [1]. Selain itu, ZnO memiliki sifat emisi yang dekat

dengan sinar UV, fotokatalis, konduktivitas dan transparansi yang tinggi. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice* [2]. ZnO merupakan material yang saat ini banyak menarik perhatian karena dapat digunakan pada berbagai aplikasi, antara lain sebagai devais mikroelektronik dan optoelektronik, katalis, pigmen maupun aditif pada kosmetik .

Berbagai metode telah banyak digunakan peneliti dalam deposisi lapisan tipis ZnO antara lain *sol-gel*, deposisi langsung dari endapan larutan, *sputtering*, *ultrasonic spray pyrolysis*, *laser-assisted pyrolysis*, *co-*

*precipitation method*, dan *hydrothermal crystallisation*. Namun metode deposisi lapisan tipis dengan *sol gel* mempunyai keuntungan-keuntungan daripada teknik-teknik lain yaitu sangat baik dalam kontrol komposisi, mempunyai homogenitas tinggi pada tingkat molekuler, menurunkan suhu kristalisasi, serta mampu memproduksi lapisan tipis dengan luas permukaan ZnO yang sangat luas dibandingkan dengan metode lain seperti *sputtering*, CVD (*Chemical Vapor Deposition*), dan MBE (*Molecular beam epitaxy*) yang umumnya menghasilkan deposisi lapisan dengan luas yang terbatas. Selain itu, metode *sol gel* mampu menghasilkan lapisan tipis dalam berbagai bentuk dengan cara deposisi secara *spray-coating*. Keuntungan dari *spray-coating* dibandingkan dengan proses yang lain seperti PVD (*Physical Vapour Deposition*), CVD (*Chemical Vapor Deposition*), *Brazing*, *Cladding*, dan *elektroplating* adalah laju deposisi yang tinggi, dapat dilakukan pada kondisi atmosfer, beragam jenis bahan dapat dideposisikan dengan mudah sesuai dengan aplikasi yang diinginkan, dan lebih ramah lingkungan, yaitu tidak memiliki limbah buangan yang berbahaya pada lingkungan [3].

Dalam penelitian ini, dibahas tentang pengaruh variasi temperatur sintering lapisan tipis ZnO yang dideposisikan diatas substrat kaca menggunakan metode *spray coating*. Deposisi lapisan tipis ZnO yang dilakukan dengan variasi temperatur 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C. Variasi besarnya temperatur dimaksud untuk mendapatkan variasi sifat optik lapisan tipis ZnO melalui pengujian Spektrofotometer UV-Vis.

## DASAR TEORI

### Teori Pita Energi

Setiap material padat terdiri atas elektron-elektron yang akan menghasilkan konduktivitas listrik apabila dikenai suatu medan listrik. Untuk mengetahui besarnya konduktivitas listrik, dibutuhkan pengetahuan mengenai elektron-elektron dalam kristal yang diatur dalam pita energi (*energy bands*) yang dipisahkan oleh daerah energi yang tidak memiliki orbital elektron. Daerah terlarang ini dinamakan celah pita (*band gaps*), dan merupakan hasil interaksi konduktivitas

elektron dengan inti ion kristal [4]. Nilai terbaik dari celah pita energi (*band gab*) ditentukan dari absorpsi optik. Pada celah pita langsung, terjadi proses absorpsi optik langsung, yaitu energi foton yang diserap oleh kristal dengan menghasilkan sebuah elektron dan *hole* tanpa perubahan momentum. Celah pita energi ( $E_g$ ) minimum dapat didefinisikan dengan persamaan (1).

$$E_g = \hbar\omega_g \quad (1)$$

dengan  $\omega_g$  adalah frekuensi radian.

Pada celah pita tidak langsung, proses absorpsi optiknya tidak langsung karena melibatkan pembentukan elektron dan *hole* yang dipisahkan oleh suatu vektor gelombang  $k$ , Sehingga celah pita energi ( $E_g$ ) minimum celah pita tidak langsung dinyatakan oleh persamaan (2).

$$E_g = \hbar\omega \pm \hbar\Omega \quad (2)$$

dengan  $\Omega$  adalah frekuensi fonon teremisi dari vektor gelombang  $k$ .

Celah pita energi lapisan tipis dapat diperoleh melalui pengeplotan data absorpsi menggunakan persamaan transisi langsung (*direct bandgap*):

$$\alpha hv = A(hv - E_g)^{1/2} \quad (3)$$

[5]

dengan  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi,  $hv$  adalah energi foton (eV) dan  $A$  adalah konstanta. Koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) didefinisikan sebagai:

$$\alpha = \frac{1}{t} \ln \left( \frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

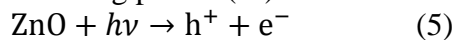
dengan  $A$  adalah absorbansi,  $t$  adalah ketebalan lapisan tipis,  $T$  adalah nilai transmiansi lapisan tipis. Plot  $(\alpha hv)^2$  vs  $hv$  dengan mengekstrapolasi bagian linier dari kurva ke garis absorpsi nol memberikan nilai celah pita energi untuk transisi langsung [6].

### Struktur Kristal ZnO

*Zinc oxide* merupakan zat padat berupa serbuk heksagon atau amorf yang putih jika dingin, kuning jika panas, pahit dan tidak berbau [7]. Semikonduktor ini memiliki beberapa sifat yang menguntungkan misalnya transparansi yang baik, mobilitas elektron yang tinggi, dan celah pita yang lebar [8].

Dengan pencahayaan ultraviolet (<400nm) permukaan ZnO mempunyai kemampuan mengionisasi reaksi kimiawi. Dalam media air, kebanyakan senyawa organik

dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air berarti proses tersebut dapat membersihkan air dari pencemar organik. Absorpsi sinar ultraviolet (<400nm) oleh seng oksida akan diikuti perpindahan elektron pita valensi ke pita konduksi dan terbentuknya pasangan elektron ( $e^-$ ) dan lubang positif ( $h^+$ ).



Sebagian pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  tersebut akan berekombinasi kembali, sedangkan sebagian lainnya akan mempertahankan keadaannya sampai mencapai permukaan partikel. Tersedianya  $h^+$  pada permukaan akan menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) yang dikenal sebagai spesies oksidator kuat. Sistem ZnO ini mempunyai potensial redoks sebesar +2,8V. Dengan potensial sebesar ini hampir kebanyakan senyawa organik dapat dioksidasi. Keadaan ini dapat dieksploitasi untuk mengoksidasi polutan organik menjadi produk yang tidak beracun [9].

### Metode CSD (Chemical Solution Deposition)

Metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dapat juga disebut metode *Chemical Bath Deposition* (CBD) atau *sol gel*. Teknologi pelapisan ini sudah dikenal sejak tahun 1869, dan telah digunakan untuk mendeposisikan lapisan tipis keramik, kaca, dan berbagai macam semikonduktor. Prinsip dari penggunaan teknologi *sol gel* ini adalah pengaturan kecepatan reaksi sampai pada batas yang diinginkan dan kemudian ditumbuhkan di atas substrat [10].

### Spray Coating

Pelapisan (*coating*) adalah proses penambahan atau penumpukan suatu material ke permukaan material lain (atau material yang sama). Pada umumnya pelapisan diterapkan ke suatu permukaan dengan tujuan:

1. Melindungi permukaan dari lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi atau reaksi *deteriorative* (merusak)
2. Meningkatkan penampilan permukaan
3. Memperbaiki permukaan atau bentuk suatu komponen tertentu, dan lain-lain

Pelapisan terdiri dari bermacam-macam teknik dan pemilihannya didasarkan atas permintaan fungsional (ukuran, bentuk, dan

metalurgi dari substrat), kemampuan adaptasi material pelapisan terhadap teknik yang digunakan, tingkat adhesi (perekatan) yang diminta, serta ketersediaan dan harga dari peralatannya.

Metode *spray coating* merupakan proses dimana material pelapis (*feedstock*) sebagai partikel individu didorong dengan aliran gas bertekanan ke suatu permukaan (substrat). Partikel tersebut menabrak substrat, menempel, dan membentuk permukaan tipis yang sesuai [11].

### Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer *ultraviolet* merupakan alat untuk mengukur transmitansi dan absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer berfungsi untuk menghasilkan sinar dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer berfungsi sebagai alat pengukur intensitas cahaya yang diabsorpsi [12].

Spektrofotometri *ultraviolet* adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar *ultraviolet* memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrum *ultraviolet* mempunyai pita yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang biasa didapatkan dari spektrum ini. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur serapan pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Jika konsentrasi bertambah, jumlah molekul yang dilalui berkas sinar akan bertambah, sehingga serapan juga bertambah. Hukum Lambert-Beer, maka diperoleh bahwa serapan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan.

$$A = k \cdot c \cdot b \quad (6)$$

Nilai tetapan ( $K$ ) dalam hukum Lambert-Beer tergantung pada sistem konsentrasi yang digunakan. Bila  $c$  dalam gram per liter, tetapan tersebut disebut dengan absorptivitas ( $a$ ) dan bila dalam mol per liter tetapan tersebut adalah absorbtivitas molar [13].

### Prinsip Dasar Fotokatalis

Suatu sistem fotokatalis berisi material semikonduktor yang dapat berhubungan dengan medium reaksi baik cairan maupun gas. Proses di dalam fotokatalis adalah jika partikel semikonduktor berada di dalam cairan maupun gas dan dikenai cahaya UV baik yang berasal dari cahaya matahari maupun lampu UV, maka akan menghasilkan pasangan elektron dan lubang (*hole*). Pasangan elektron dan lubang (*hole*) ini akan berdifusi ke permukaan partikel semikonduktor tersebut dan menyebabkan proses oksidasi dan reduksi polutan yang terdapat di dalam medium. Jika foton dengan energi  $h\nu$  yang melebihi celah pita energi material semikonduktor mengenai material tersebut maka elektron ( $e^-$ ) akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi meninggalkan lubang (*hole*). Pada material konduktif seperti metal maka pembawa muatan yang dihasilkan ini akan berekombinasi. Namun untuk material semikonduktor, sebagian dari pasangan elektron-*hole* yang tereksitasi akan berdifusi dan terjebak di permukaan partikel katalis yang selanjutnya mengalami reaksi kimia dengan donor absorber (D) atau molekul akseptor (A) [14].

### Methylene Blue

*Methylene Blue* atau metiltionium klorida memiliki rumus molekul  $C_{16}H_{18}N_3SCl \cdot 3H_2O$  adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan *dye* kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Metilen biru yang dimurnikan berbentuk Kristal berwarna hijau kegelapan. Sifat-sifatnya antara lain tidak berbau, stabil dalam udara, larut dalam air, alkohol dan kloroform. Ketika dilarutkan, *methylene blue* dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Proses pembuatannya melalui oksidasi dari p-aminodimetilanilin dengan  $FeCl_3$  dalam asam sulfat. Kegunaannya adalah sebagai pewarna katun dan wool, indikator pada titrasi oksidasi reduksi dalam analisis volumetric. *Methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 g/mol, dengan titik lebur di  $105^\circ C$  dan daya larut sebesar  $4,36 \times 10^4$  mg/L [15]. Zat warna *methylene blue* dapat diserap oleh sejenis lempung dalam larutan.

Proses ini dapat diukur dengan kolorimeter atau spektrofotometer [16].

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui 5 tahap. Tahap pertama yaitu proses pembuatan *sol gel zinc Oxide*. Tahap kedua yaitu deposisi lapisan tipis *zinc oxide* di atas substrat kaca dengan teknik *spray coating*. Tahap ketiga yaitu *sintering* lapisan tipis *zinc oxide* dengan menggunakan *furnace*. Tahap keempat pengujian sifat optik lapisan tipis *zinc Oxide*. Tahap kelima yaitu pengolahan data dan analisis.

Proses pembuatan lapisan tipis *zinc oxide* dapat dilakukan dengan cara metode *sol gel*. Mekanisme pembuatan larutan tersebut yaitu; *Zinc acetate dehydrate* ( $Zn(COOCH_3)_2 \cdot 2H_2O$ ) dilarutkan kedalam larutan *isopropanol* ( $(CH_3)_2CHOH$ ) dan *monoethanolamine* (MEA:  $HOCH_2CH_2NH_2$ ) pada temperatur ruang dengan konsentrasi 0,5M dan perbandingan molar dari MEA dan ZnAc yaitu 1:1. Kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk magnetik pada temperatur  $70^\circ C$  selama 30 menit hingga didapatkan larutan yang jernih dan homogen.

Proses deposisi lapisan tipis ZnO diatas substrat kacaini menggunakan teknik *spray coating*. Sebelum proses deposisi, substrat kaca dibersihkan terlebih dahulu dengan metode RCA (*Radio Corporation of Amerika*) yaitu kaca dicuci dengan aseton, kemudian dengan metanol masing-masing selama 10 menit dengan sistem pencuci ultrasonik untuk menghilangkan pengotor organik seperti lemak dan minyak. Selanjutnya kaca dicuci dengan *DI water (deionized water)* selama 1 menit dan dimasukkan ke dalam larutan HF 20% selama 10 detik untuk menghilangkan lapisan  $SiO_2$  yang mungkin terbentuk selama proses penyimpanan substrat. Setelah itu substrat dicuci dengan *DI water* dan dikeringkan dengan disemprot gas nitrogen ( $N_2$ ) teknis.

Substrat kaca yang telah kering diletakkan diatas *hotplate* pada temperatur 250°C diatas selama 5 menit. Substrat kaca yang sudah dipanaskan di-*spray coating* dengan larutan ZnO, kemudian dilakukan proses *sintering* pada temperatur 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C selama 2 jam menggunakan *furnace*.

Proses pengujian sifat optik lapisan tipis ZnO dilakukan dengan menggunakan alat UV-Vis Spectroscopy untuk memperoleh nilai transmitansi pada rentang panjang gelombang sinar ultraviolet sampai cahaya tampak. Pada proses spektroskopi UV-Vis digunakan spektrofotometer UV-Vis dengan sampel preparat yang sudah dispray dengan berbagai variasi temperatur sintering.

Hasil pengujian sifat optik lapisan tipis ZnO dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis (*UltraViolet-Visible*) menghasilkan spektra transmitansi lapisan tipis ZnO terhadap panjang gelombang antara 200-1200 nm. Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan absorbansi dan celah pita energi. Dari data transmitansi, dibuat grafik hubungan antara panjang gelombang (nm) dengan absorbansi. Celah pita energi ditentukan menggunakan persamaan *direct band gap energy* (3) dan (4) dengan memplotkan  $(\alpha h\nu)^2$  vs  $h\nu$ . Karakterisasi zat warna *methylene blue* menggunakan UV-Vis agar didapatkan nilai serapannya dan persentase degradasi dari zat warna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

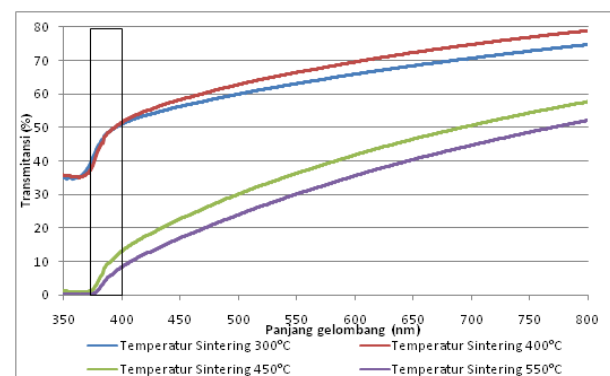
Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh lapisan tipis ZnO di atas substrat kaca serta mengetahui kemampuan fotokatalis lapisan tipis ZnO untuk mendegradasi pewarna *methylene blue*. Proses deposisi lapisan ZnO diatas substrat kaca berukuran 2,5 x 5 cm dengan menggunakan teknik *spray coating* dengan variasi temperatur sintering 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C selama 2 jam. Setelah lapisan terbentuk kemudian dilakukan pengujian spektroskopi menggunakan UV-Vis untuk mengetahui sifat optik dari lapisan tipis tersebut, dan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang dari hasil degradasi *methylene blue* 10 ppm.



Gambar 1 Lapisan ZnO pada substrat kaca dengan variasi temperatur sintering

Gambar 1 menunjukkan lapisan ZnO yang telah dideposisikan pada substrat kaca menggunakan metode *spray coating* dengan variasi temperatur sintering 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C selama 2 jam. Dari hasil deposisi ZnO tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur permukaan lapisan tipis menjadi lebih gelap atau pucat.

Pengujian UV-Vis dilakukan dengan menggunakan mesin UV Vis Spektrometer Lambda 25 Perkin Elmer. Dari pengujian ini didapatkan data transmitansi terhadap panjang gelombang penyinaran UV-Vis cahaya tampak yaitu dalam rentang 200-1100 nm. Data yang didapatkan kemudian digunakan untuk diolah untuk mendapatkan nilai celah pita energi masing-masing sampel, sehingga dari hasil nilai celah energi tersebut dapat diketahui sifat optik dari masing-masing sampel terhadap perbedaan temperatur sintering. Transmitansi lapisan tipis ZnO menggunakan Spektroskopi UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*) ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Transmittansi UV-Vis lapisan tipis ZnO dengan variasi temperatur sintering

Berdasarkan gambar 4.2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian transmitansi pada lapisan tipis ZnO, menunjukkan bahwa terjadi

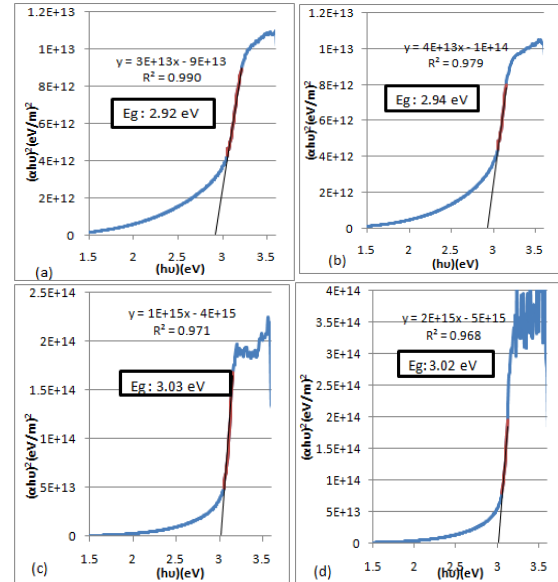
kenaikan nilai %T pada panjang gelombang 400 nm dan stabil pada panjang gelombang < 350 nm. Hal ini menandakan bahwa pada panjang gelombang tersebut merupakan daerah kerja lapisan tipis ZnO. Dimana suatu molekul, elektron valensi dari setiap atom memegang peranan penting dalam setiap atom lain yang terbentuk pada materi tersebut.

Pada panjang gelombang 400 nm nilai transmitansi paling tinggi didapatkan dari lapisan tipis ZnO dengan temperatur 400°C dengan nilai transmitansi 51,62%. Sedangkan nilai minimum didapatkan dari lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering paling tinggi yaitu 550°C dengan nilai transmitansi 8,45%. Hal ini sesuai dengan mekanisme sintering, dimana semakin tinggi temperatur sintering maka akan terjadi proses pemadatan sekumpulan serbuk dan terjadi ikatan yang kuat antara butiran-butiran dan pori yang terdapat diantara butiran. Pada sampel dengan panjang gelombang 400 nm secara umum pola transmitansi semakin menurun dengan seingnya naiknya temperatur sintering yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Nilai transmitansi pada panjang gelombang 400 nm lapisan tipis ZnO dengan variasi temperatur sintering.

Temperatur Sintering lapisan tipis ZnO (°C)	Celah pita energi (eV)
300	2,92
400	2,94
450	3,03
550	3,02

Dari hasil transmitansi selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai celah pita energi. Celah pita energi diperoleh melalui pengeplotan data absorpsi menggunakan persamaan transisi langsung (3) dan (4). Plot untuk area  $(\alpha h\nu)^2$  vs  $h\nu$  pada gambar 3, dengan mengekstrapolasi bagian linier dari kurva kegaris absorpsi nol memberikan nilai celah pita energi untuk transisi langsung.



Gambar 3 Plot  $(\alpha h\nu)^2$  vs  $h\nu$  lapisan ZnO dengan variasi temperatur sintering (a) 300°C, (b) 400°C, (c) 450°C dan (d) 550°C

Terlihat bahwa nilai celah pita energi lapisan tipis ZnO naik seiring dengan kenaikan temperatur sintering. Hasil perhitungan nilai celah pita energi ( $E_g$ ) ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Nilai celah pita energi lapisan tipis ZnO dengan variasi temperatur sintering

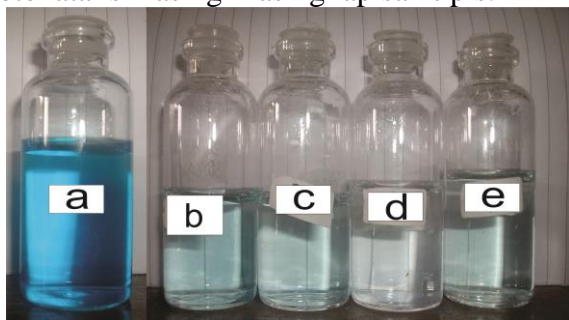
Temperatur Sintering ZnO (°C)	Transmitansi (%)
300	51,11
400	51,62
450	13,18
550	8,45

Naiknya nilai celah pita energi seiring dengan naiknya temperatur sintering bisa diakibatkan karena kualitas lapisan yang dihasilkan. Hal ini diakibatkan elektron-elektron yang bebas berpindah pada pita konduksi ZnO dan mempercepat konduktivitas ZnO. Dengan temperatur sintering yang meningkat, beberapa elektron dibebaskan dan meningkatkan konduktivitas ZnO [17].

Pada penelitian ini dilakukan pengujian reaksi fotokatalis dengan menggunakan air berwarna *methylene blue* 10 ppm (part per million). Larutan berwarna *methylene blue* 10



ppm dihasilkan dari 1 liter air dengan 1 mg serbuk *methylene blue*. Reaksi dilakukan dengan pemberian wadah yang berisikan lapisan tipis ZnO dengan variasi temperatur sintering 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C dengan pemberian larutan *methylene blue* masing-masing 20 ml. Penyinaran dilakukan dengan sumber cahaya berasal dari lampu UV dengan panjang gelombang ~ 380 nm selama 4 jam. Semua dilakukan dalam perlakuan yang sama untuk mengetahui perbedaan kemampuan fotokatalis masing-masing lapisan tipis.



Gambar 4 Hasil fotokatalis selama 4 jam larutan *methylene blue* 10ppm dengan variasi temperatur sintering

Gambar 4 menunjukkan hasil fotokatalis bahwa *methylene blue* 10 ppm dapat tergradasi lebih baik dengan adanya lapisan ZnO dalam reaktor UV. Gambar 4.5 dengan kode (a) hasil *methylene blue* 10 ppm sebelum terdegradasi, (b) larutan *methylene blue* setelah terdegradasi oleh lapisan ZnO dengan temperatur sintering 300°C, (c) larutan *methylene blue* setelah terdegradasi oleh lapisan ZnO dengan temperatur sintering 400°C, (d) larutan *methylene blue* setelah terdegradasi oleh lapisan ZnO dengan temperatur sintering 450°C, (e) larutan *methylene blue* setelah terdegradasi oleh lapisan ZnO dengan temperatur sintering 550°C. Cahaya UV mampu mengeksitasi elektron dari lapisan ZnO sehingga mengakibatkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi yang akan menghasilkan elektron ( $e^-$ ), dan menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* ( $h^+$ ) yang dapat berperan sebagai muatan positif. Eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi berhasil memutuskan ikatan N dan S pada *methylene blue*. Proses ini akan terus berlangsung selama lapisan tipis ZnO

disinari dengan lampu UV sehingga larutan *methylene blue* akan memudar menjadi jernih. Selain itu pada penelitian ini dilakukan juga pengukuran hasil degradasi warna dengan menggunakan spektrometer UV-Vis 1240SA. Hal ini digunakan untuk mengetahui hasil nilai absorpsi larutan *methylene blue* yang telah disinari lampu UV dalam reaktor.

Tabel 3 Nilai hasil absorpsi larutan *methylene blue* yang sudah terfotokatalis dengan lapisan tipis ZnO

Temperatur Sintering lapisan tipis ZnO (°C)	Absorpsi larutan <i>methylene blue</i> (a.u)	Presentase Degradasi warna <i>methylene blue</i> (%)
Kontrol	1,22	0
300	0,14	88,79
400	0,061	95,01
450	0,029	97,62
550	0,056	95,42

Dari tabel 3 terlihat nilai absorpsi tertinggi pada terdapat pada larutan *methylene blue* yang terdegradasi warna oleh lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 300°C dengan nilai 0,14. Sedangkan nilai terendah absorpsi terdapat pada larutan *methylene blue* yang terdegradasi warna oleh lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C dengan nilai 0,029. Dari semua hasil absorpsi bisa didapatkan presentase degradasi warna larutan *methylene blue* dengan nilai paling besar didapatkan pada larutan *methylene blue* yang telah terdegradasi warna oleh lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C sebesar 97,62% dan yang paling kecil adalah larutan *methylene blue* yang telah terdegradasi warna oleh lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 300°C sebesar 88,79 %. Hal ini menandakan bahwa lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C paling efektif untuk proses fotokatalis. Dalam uji karakterisasi sifat optik juga menunjukkan nilai Celah pita energi yang paling besar adalah lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C dengan nilai sebesar 3,03 eV yang mendekati nilai pada referensi yaitu 3,20 eV[1]

**KESIMPULAN**

Lapisan ZnO telah berhasil dideposisikan diatas substrat kaca dengan metode spray coating, dengan variasi temperatur sintering 300°C, 400°C, 450°C dan 550°C. Semakin tinggi temperatur sintering nilai absorbansi meningkat. Diperoleh nilai celah pita sebesar 3,03 eV mendekati referensi terdapat pada lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C. Pengujian fotodegradasi lapisan tipis ZnO pada larutan *methylene blue* menunjukkan bahwa fotokatalis lapisan tipis ZnO dengan temperatur sintering 450°C yang paling efektif mendegradasi zat warna sebesar 97,62%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Yaoming, 2010, *The effect of heat treatment on the physical properties of sol-gel derived by sol-gel method*, Elsevier Applied Surface Science 256: p. 4543–4547.
- [2] Guanglong, Z., 2007, *Orientation Enhancement Of Polycrystalline ZnO Thin Films Through Thermal*, Elsevier Materials Letters 61: p. 4305–4308.
- [4] Prawara, B., 2006, *Rancang Bangun Thermal Spray Coating Dengan Menggunakan Sistem High Velocity Oxygen Fuel*. Kegiatan: 4977.0127: Rekayasa Peralatan.
- [5] Kittel, C., 1996, *Introduction to Solid State Physics 7<sup>th</sup> Edition*. John Wiley and Sons, Inc.; New York.
- [6] Firdaus, C.M., 2012, *Characterization of ZnO and ZnO: TiO<sub>2</sub> Thin Films Prepared by Sol-Gel Spray-Spin Coating Technique*. Original Research Article *Procedia Engineering*, Volume 41, 2012, Pages 1367-137
- [7] Arsyad, M. N. 2001., *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Ilmiah*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- [8] Takahashi, N., 2007, *Simple And Rapid Synthesis Of MgO With Nano-Cube Shape By Means Of A Domestic Microwave Oven*, Solid State Sciences, 9, 722-724.
- [9] Winter, M., 1993, *Zinc*, URL: <http://www.webelements.com>.
- [10] Hodes, Gary., 2002, *Chemical Solution Deposition of Semiconductor Films*, Marcel Dekker, Inc.; New York
- [11] Sutanto, H dan Nurhasanah, I., 2012, *Teknologi Lapisan Tipis Dan Aplikasinya*, UPT UNDIP Press: Semarang, ISBN : 978-602-097-303-6
- [12] Khopkar, S. M., 2002, *Konsep Dasar Kimia Analitik, Terjemahan Basic Concepts of Analytical Chemistry*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- [13] Day, R.A., dan Underwood., A.L, 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, alih bahasa Pudjatmaka, A.H., Erlangga, Jakarta, Hal 390-392.
- [14] Rasheed, R., 2005, *Water treatment by Heterogeneous Photocatalysis an overview*, [www.google.com](http://www.google.com)
- [15] Scarlat, F., and V.J.R Niculescu., 2003, *Methylene-Blue Modified Polypyrrole Film Elektrode for Optoelectronic Application*. 256 (2003), P.109-114.
- [16] Ardizzone, S., G. Gabrielli, and P. Lazzari., 1993, *Adsorption of Methylene Blue At Solid / Liquid and Water / Air Interfaces*, *Colloids Surfaces*. 76 (1993) 149–157.
- [17] Sedky, A., 2011, *Correlation Between Sintering Temperature And Properties Of ZnO Ceramic Visitor*. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 73 (2012) 505–510