Deposisi ZnO Doping Ag pada Substrat Alumunium Foil untuk Degradasi Methylene Blue

Sheilla Rully Anggita

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang, Indonesia, 50185 Email: sheillarully@walisongo.ac.id

Diterima (Tanggal Bulan Tahun), Direvisi (Tanggal Bulan Tahun)

Abstract. This research has successfully deposited ZnO: Ag on aluminum foil substrates with variations in deposition temperature. The purpose of this study was to obtain the surface morphology of ZnO:Ag on aluminum foil substrates with variations in deposition temperature and obtain optimization of the photocatalytic activity of ZnO: Ag in degrading Methylene Blue dyes. ZnO:Ag deposition on the aluminum foil substrate was carried out by the sol-gel method and spray coating deposition technique. Surface morphology characterization and photocatalytic activity with SEM and with UV-Vis. The surface morphology results obtained from ZnO:Ag on aluminum foil substrate with deposition temperatures of 250 °C, 300 °C, 350 °C, and 400 °C are the forms of ganglia with indications as ZnO and Ag grains attached to ZnO. Obtained surface area and roughness level ZnO:Ag decreases with an increase in temperature from 250 °C - 300 °C, and surface area and roughness increases at 350 °C -400 °C. The highest level of roughness is found in the ZnO layer: Ag temperature 400 °C. The most optimum photocatalytic activity is indicated by the largest percentage of degradation. The highest percentage of degradation is shown by the ZnO: Ag layer with a temperature of 350 °C of 87.33%. This is due to the modification of silver at low temperatures which is <400 °C effective for photocatalytic activity.

Keywords: aluminum foil, degradation, deposition, methylene blue, ZnO: Ag,.

Abstrak. Penelitian ini telah berhasil mendeposisikan ZnO: Ag pada substrat alumunium foil dengan variasi suhu deposisi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan morfologi permukaan ZnO: Ag pada substrat alumunium foil dengan variasi suhu deposisi dan mendapatkan optimasi aktivitas fotokatalitik ZnO: Ag dalam mendegradasi zat warna *methylene blue*. Deposisi lapisan ZnO: Ag pada substrat alumunium foil dilakukan dengan metode sol-gel dan teknik pendeposisian *spray coating*. Pengujian morfologi permukaan dengan uji SEM dan aktivitas fotokatalitik dengan uji UV-Vis. Didapatkan hasil morfologi permukaan dari ZnO: Ag pada substrat alumunium foil dengan suhu deposisi 250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C adalah bentuk ganglia dengan indikasi sebagai ZnO dan bulir Ag yang menempel pada ZnO. Didapatkan luas permukaan dan tingkat kekasaran ZnO: Ag menurun dengan adanya peningkatan suhu dari 250°C- 300°C, dan kembali meningkat pada suhu 350°C-400°C. Tingkat kekasaran terbesar yaitu terdapat pada lapisan ZnO: Ag suhu 400°C. Aktivitas fotokatalitik paling optimum ditunjukkan dengan prosentase degradasi terbesar. Prosentase degradasi terbesar ditunjukkan oleh lapisan ZnO: Ag dengan suhu 350°C sebesar 87,33%. Hal ini disebabkan karena modifikasi perak pada suhu rendah yaitu <400°C efektif untuk aktifitas fotokatalitik.

Kata kunci: alumunium foil, degradasi, deposisi, methylene blue, ZnO:Ag.

PENDAHULUAN

Berkurangnya jumlah air bersih saat ini sangatlah mengkhawatirkan. Penurunan kualitas ataupun kuantitas air bersih ini diakibatkan oleh dua alasan utama, yaitu peningkatan populasi yang cepat dan peningkatan jumlah industri. Peningkatan jumlah industri mengakibatkan meningkatnya pula jumlah limbah yang mencemari air di

lingkungan sekitar. Sebagai contoh meningkatnya industri tekstil, hal ini akan berkontribusi terhadap peningkatan polusi air akibat zat warna tekstil yang terlarut dalam air [1].

Untuk mengatasi pencemaran air tersebut, maka dibutuhkan suatu teknologi yang murah, efisien dan sangat mudah dilakukan. Teknologi tersebut adalah pemanfaatan fotokatalis sebagai pendegradasi polutan menggunakan bantuan cahaya. Fotokatalis merupakan metode yang lebih menjanjikan penjernihan air dibandingkan dengan metode konvensional lainnya Proses fotokatalis [2]. memanfaatkan prinsip semikonduktor dengan besarnya energi celah pita yang dimiliki semikonduktor. Proses fotokatalis apabila material semikonduktor yang memiliki energi celah pita tertentu diberikan energi dari luar yang sesuai seperti energi cahaya, maka akan terjadi transformasi kimia sehingga mengubah senyawa anorganik dan senyawa organik yang menempel di material tersebut menjadi air dan karbon dioksida [3].

Zinc Oxide (ZnO) merupakan salah satu material fotokatalis yang memiliki kemampuan stabilitas termal dan stabilitas kimia yang baik pada suhu kamar. ZnO menarik banyak perhatian peneliti karena ZnO memiliki banyak keuntungan untuk berbagai kepentingan. ZnO memiliki banyak kelebihan dalam berbagai aplikasi terutama dalam aplikasi fotokatalis [4]. Hal ini dikarenakan ZnO merupakan semikonduktor dengan tipe-n yang memiliki energi celah pita yang cukup besar yaitu 3,37 eV dan energi ikat sebesar 60 MeV [5].

Menyisipkan nanostruktur logam transisi pada semikonduktor atau yang dikenal sebagai doping merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengefisienkan semikonduktor. Hal tersebut efektif untuk menyesuaikan tingkat energi semikonduktor tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik maupun sifat optis dari bahan semikonduktor tersebut dengan meningkatkan konsentrasi doping logam transisi sehingga tingkat energinya pun akan berubah [6]. Manfaat doping logam transisi yang lain adalah meningkatkan jumlah elektron yang terjebak agar menghambat proses rekombinasi electronhole selama radiasi. Dengan adanya penurunan proses rekombinasi ini dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya [7].

Salah satu jenis logam transisi tersebut adalah perak (Ag). Penelitian sebelumnya telah dilakukan deposisi ZnO dengan didoping Perak (Ag) dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik [8]. Ion perak (Ag) sangat menarik perhatian karena aktivitas fotokatalitik dan antibacterial yang luar biasa. Penelitian yang telah dilakukan

dengan doping Ag dapat meningkatkan aktifitas fotokatalitiknya di bawah penyinaran sinar tampak dengan memisahkan *electron* – *hole* [9].

Penelitian ZnO dideposisikan diberbagai substrat telah didapatkan berbagai bentuk morfologi. Deposisi ZnO doping Ag pada substrat kaca telah dilakukan dengan metode sol-gel didapatkan morfologi permukaan berupa fase ganglia dengan bulir Ag yang menempel di permukaan dengan ukuran bulir bervariasi 76,5 – 252,5 nm. Penelitian ZnO doping Ag dengan variasi suhu annealing didapatkan struktur Kristal berupa hexagonal wurtzite pada suhu 250°-300° C, namun dengan suhu >300° terbentuk struktur amorf [10].

Selain substrat kaca, deposisi ZnO dengan substrat aluminium foil telah dilakukan banyak penelitian, diantaranya didapatkan morfologi ZnO nanosized coral reef, ZnO nanosized particle yang berpori, dan nanorods. Deposisi ZnO di atas substrat aluminium foil telah dilakukan melalui penguapan serbuk logam zinc dengan teknik penguapan panas vakum non-katalitik pada suhu tinggi, didapatkan morfologi ZnO nano-sized coral reef [11]. Selain itu, penelitian lain telah berhasil mendeposisikan ZnO di atas substrat aluminium foil dengan metode sol-gel terbentuk partikel ukuran nano dengan diameter rata-rata 52 nm, dimana dapat mendegradasi polutan organik[12].

Penelitian Jabeen (2017) juga berhasil mendeposisikan ZnO di atas substrat aluminium foil didapatkan morfologi nanorods. Penelitian juga telah diselidiki dengan substrat konduktor dapat meningkatkan kualitas permukaan berpori. Permukaan yang diinginkan dapat meningkatkan sensitivitas secara krusial. Penginderaan etanol juga dapat ditingkatkan dengan bantuan memodifikasi substrat konduktor yang meningkatkan kualitas nanorod ZnO [13].

Penelitian ini dilakukan studi deposisilapisan Zinc Oksida doping perak (ZnO:Ag) pada substrat *aluminium foil* dengan metode *sol-gel*menggunakan teknik *thermal spray coating* untuk degradasi *methylene blue*. Selanjutnya akan dipelajari pengaruh suhu deposisi terhadap morfologi dari ZnO:Ag yang

dideposisikan pada substrat *aluminium foil* dan pengaruhnya terhadap degradasi zat warna limbah batik *methylene blue*.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan secara umum dibagi menjadi 3 tahap, yaitu: proses pembuatan sol-gel ZnO dengan pencampuran doping Ag dengan konsentrasi 4%, proses pendeposisian ZnO:Ag pada alumunium foil dengan variasi suhu deposisi, dan pengujian aktifitas fotokatalitik dengan pemaparan sinar uv dalam wadah kaca yang sudah terlapisi aluminium foil dengan lapisan ZnO:Ag.

Pembuatan sol-gel ZnO:Ag adalah sol-gel ZnO kemudian membuat baru didapatkan sol-gel ZnO:Ag. Pembuatan sol-gel ZnO adalah dengan mealarutkan Zinc acetate dehydrate (Zn(COOCH₃)₂. 2H₂O kedalam isopropanol ((CH₃)₂CHOH) diaduk dengan magnetic stirrer dan diteteskan monoethanolamine (MEA: HOCH2CH2NH2) dengan iumlah volume sesuai dengan konsentrasinya yaitu 0,3 M dan perbandingan molar dari MEA dan ZnAc yaitu 1:1. Kemudian larutan diaduk dan dipanaskan pada temperatur 70°C selama 30 menit hingga didapatkan solgel ZnO yang jernih dan homogen dengan tujuan menguraikan senyawa garam asetat menjadi oksida. Untuk mendapatkan sol-gel ZnO:Ag maka prosedurnya adalah sol-gel ZnO yang masih diaduk pada temperature 70 °C kemudian larutan ditambahkan bubuk Silver Nitrate (Ag(NO3)) sebagai doping dengan prosentase 4% dari jumlah mol dari Zinc (Zn).

Deposisi lapisan tipis ZnO:Ag di atas substrat alumunium foil menggunakan teknik thermal spray coating. Sebelum proses deposisi, substrat alumunium foil dibersihkan terlebih dahulu dengan dicuci dengan aseton, kemudian dicuci dengan metanol untuk menghilangkan pengotor organik seperti lemak dan minyak. Setelah itu substrat dicuci dengan Aqua Bides dan dikeringkan. Substrat alumunium foil yang telah kering diletakkan diatas hotplate pada temperatur 250 °C diatas selama 15 menit. Subtrat yang sudah dipanaskan dispray coating dengan larutan ZnO:Ag, kemudian dilakukan proses deposisi pada temperatur 250 °C selama 1 jam diatas *hotplate*. Proses pelapisan ZnO:Ag dilakukan berulang dengan variasi suhu deposisi 300 °C, 350 °C dan 400 °C. Setelah dideposisi lapisan ZnO:Ag dilanjutkan dipanaskan dengan suhu 500°C selama 1 jam menggunakan *furnace*.

Hasil pengujian lapisan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)* menghasilkan morfologi permukaan ZnO:Ag di atas substrat alumunium foil didapatkan dengan Scanning Electron Microscope (SEM). Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui bentuk permukaan dan tingkat kekasaran permukaan serta luas permukaan ZnO:Ag.

Proses pengujian aktivitas fotokatalitik tipis ZnO:Ag dengan alumunium foil dilakukan dengan metode sebagai berikut: menyiapkan wadah yang terbuat dari kaca berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm yang telah dilapisi alumunium foil yang telah terlapisi ZnO:Ag kemudian diisi air yang telah tercemar zat warna batik methylene blue dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 200 mililiter. Kemudian wadah diberi paparan sinar uvdalam rentang waktu 4 jam. Setelah didapatkan hasilnya, sampel air zat warna batik diuji dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansinya. Jika air methylene blue terdegradasi maka nilai absorbansinya akan berkurang dari sampel awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

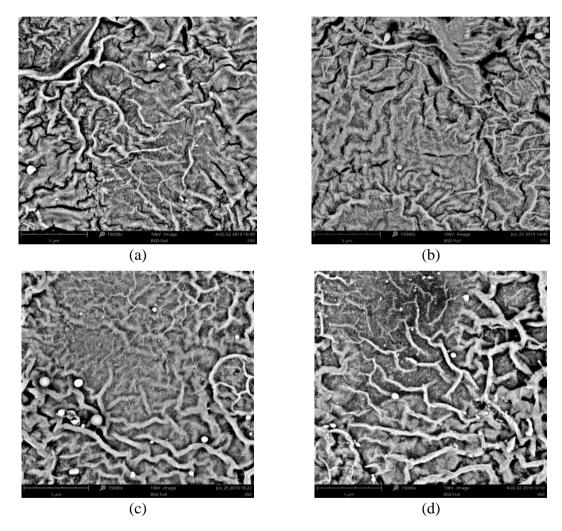
Lapisan tipis ZnO doping Ag dengan variasi suhu deposisi 250°C, 300°C, 350°C, 400°C telah berhasil dideposisikan di atas substrat alumunium foil berukuran 30 cm x 30 cm x 0,1 cm menggunakan teknik thermal spray coating selama 1 jam dan disintering dengan suhu 500 °C. Kemudian Lapisan substrat ZnO:Ag pada alumunium foil dikarakterisasi menggunakan uji Scanning Microscopy (SEM) Electron mengetahui morfologi lapisan ZnO:Ag diatas substrat alumunium foil dengan suhu annealing yang berbeda, serta digunakan alat UV-Vis digunakan yang mengetahui nilai absorbansi zat warna batik

methylene blue setelah diberikan perlakuan irradiasi terhadap lapisan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil dengan bantuan sinar UV sebagai sumber irradiasi.

Morfologi ZnO:Ag pada substrat alumunium foil

Didapatkan morfologi ZnO:Ag 4% pada substrat alumunium foil dengan variasi suhu deposisi 250 °C, 300 °C, 350 °C dan 400 °C setelah disintering adalah berbentuk ganglia dengan menempelnya bulir-bulir. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Anggita yang telah berhasil mendeposisikan lapisan ZnO/Ag 4% pada substrat kaca membentuk struktur ganglia dengan bulir-bulir pada

permukaannya [14]. Diindikasikan ganglia adalah ZnO dan bulir-bulir sebagai Ag. Adanya struktur ganglia menambah tingkat kekasaran permukaan. Indikasi bahwa stuktur ganglia adalah ZnO berdasarkan hasil morfologi pada penelitian sebelumnya bahwa film ZnO yang dideposisikan di atas substrat kaca memiliki struktur seperti ganglia [15][16]. Sedangkan morfologi bulir-bulir yang diindikasikan sebagai bulir Ag berdasarkan hasil morfologi pada penelitian yang telah dilakukan oleh Saravanan menunjukkan bahwa nanopartikel Ag berbentuk bulir-bulir yang saling menempel pada permukaan nanorods [1].



Gambar 1. Citra SEM lapisan ZnO/Ag 4% dengan suhu deposisi (a) 250 °C, (b) 300 °C, (c) 350 °C, (d) 400 °C setelah sintering

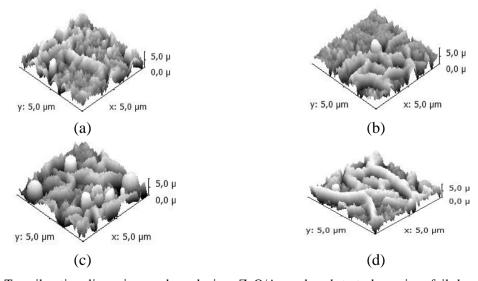
Terlihat pada Gambar 1 pada suhu rendah (a) 250 °C pertumbuhan struktur ganglia lebih dominan terbentuk dibandingkan pertumbuhan bulir. Semakin bertambahnya suhu anil pertumbuhan bulir semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1 (c) dan (d) semakin meningkatnya suhu anil menunjukkan bahwa pertumbuhan Ag semakin meningkat. Semakin besar ukuran bulir Ag maka akan semakin besar pula luas permukaannya. ukuran partikel Semakin besar akan kekasaran menambah tingkat dari permukaan sehingga meningkatkan luas permukaan [17]. Luas permukaan yang meningkat dapat dikaitkan dengan aktivitas fotokatalis, dengan permukaan yang luas mengakibatkan semakin banyak kekosongan oksigen sehingga meningkatkan difusi antara molekul organik ataupun anorganik dengan katalis.

Terlihat pada Gambar 1 (a) dan (b) banyak terdapat cacat berupa crack yang memanjang. Hal ini dikarenakan pada substrat aluminium foil memiliki permukaan yang tidak sempurna. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara substrat dan metal oxide mengakibatkan struktur yang terbentuk mempengaruhi aktivitas fotokatalitik. keberadaan banyak cacat

dalam struktur film yang tumbuh di permukaan yang tidak sempurna dari aluminium foil mendukung pengembangan struktur ganglia yang lebih besar. Secara kontroversial, ketika struktur film ganglia lebih padat dengan kristalinitas yang lebih baik dan jumlah titik cacat yang lebih besar, maka laju pembawa muatan fotogenerasi rekombinasi akan berkurang dan film tersebut akan lebih berpartisipasi efektif dalam proses degradasi [16].

Permukaan ZnO:Ag yang terbentuk di atas substrat aluminium foil sangat berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalitiknya, dikarenakan reaksi dari permukaan ganglia yang terbentuk pada ZnO:Ag. Di sisi lain adanya interaksi antara substrat yang digunakan yaitu aluminium foil dengan metal oxide yakni ZnO mengakibatkan perubahan yang signifikan dari performa fotokatalitiknya [16].

Citra 3D lapisan ZnO :Ag pada substrat alumunium foil pada **Gambar 2** menunjukkan pola morfologi yang kasar. Dari seluruh permukaan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil dengan variasi suhu deposisi didapatkan luas permukaan ratarata dan tingkat kekasaran permukaan ratarata.



Gambar 2. Tampilan tiga dimensi permukaan lapisan ZnO/Ag pada substrat alumunium foil dengan suhu annealing (a) 250 °C; (b) 300 °C; (c) 350 °C; (d) 400 °C

Tabel 1. Tabel luas permukaan rata-rata dan kekasaran permukaan rata-rata ZnO:Ag pada substrat alumunium foil

Nama Sample	Surface Area rata-rata	Ra rata- rata	Rms rata-rata
ZnO:Ag 250°C	669,06	1,07	1,30
ZnO:Ag 300°C	511,98	0,82	1,02
ZnO:Ag 350°C	627,77	1,05	1,26
ZnO:Ag 400°C	633,72	1,12	1,34

Tabel 1 menunjukkan luas permukaan dan tingkat kekasaran menurun suhudeposisinya meningkat dari 250 °C-300 °C, dan luas permukaan dan tingkat kekasaran kembali meningkat pada suhu 350 °C-400 °C. Tingkat kekasaran terbesar yaitu terdapat pada lapisan ZnO:Ag suhu 400 °C. ZnO/Ag pada suhu 350°C-400 °C mulai terbentuk dekomposisi termal dari AgO menjadi Ag, dimana ikatan Ag-O lebih lemah dibandingkan ikatan Ag-Ag. Sedangkan pada temperatur rendah di bawah suhu 350 °C akan terbentuk AgO yang memiliki energi permukaan yang lebih besar, dimana kepadatan dari ZnO akan mengurangi luas permukaan dari fotokatalis. Dimana hal tersebut sangat berarti bagi permukaan adsorpsi dari pendegradasi [18]. Oleh karena itu luas permukaan ZnO/Ag pada suhu deposisi di bawah 350 °C memiliki luas permukaan rendah dan permukaan menjadi meningkat saat suhu deposisi di atas 350°C.

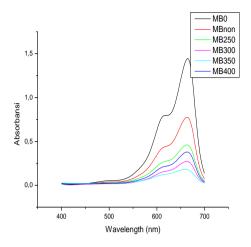
Luas permukaan ini juga dipengaruhi oleh perlakuan substrat sebelum didengan pembersihan coating dan pemanasan, hal ini dapat mengaktifkan permukaan substrat dengan meningkatkan permukaan bebas dan juga menawarkan manfaat dari peningkatan luas permukaan untuk ikatan partikel disemprot. Panas yang ditransfer ke partikel, sehingga partikel menyusut, mengeras dan menyatu dengan bahan

substrat yang kasar karena adanya adhesi lapisan. Pemanasan pada saat proses spray membantu proses difusi partikel ke dalam substrat dan dapat meningkatkan ikatan yang terjadi antar partikel sehingga porositas hampir tidak ada [19]. Oleh karena itu, lapisan ZnO:Ag saat suhu deposisinya meningkat memiliki luas permukaan yang besar.

Kemampuan Fotokatalitik ZnO:Ag untuk Mendegradasi Methylene Blue

Pada penelitian ini dilakukan pengujian fotokatalitik pada substrat ZnO:Ag alumunium foil dengan melakukan degradasi terhadap zat warna methylene blue. Zat warna methylene blue yang digunakan dilarutkan dalam air dengan konsentrasi 10 ppm (part per million). irradiasi menggunakan sumber Proses cahaya lampu UV dengan panjang gelombang ~ 380 nm dengan daya 20 Watt. Didapatkan dari pengujian ini adalah nilai absorbansi cahaya yang diserap oleh zat warna methylene blue akan sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet. Semakin berkurang nilai absorbansinya maka konsentrasi larutan akan semakin berkurang pula.

Uji spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui besarnya absorbansi methylene blue dengan menggunakan panjang gelombang sinar UV dan sinar tampak. Setelah didapatkan absorbansinya maka didapatkan persentase degradasi dari methylene blue setelah diberikan perlakuan dengan lapisan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil. Dari hasil persentase tersebut dapat ditentukan suhu annealing yang paling optimum ZnO:Ag pada substrat alumunium foil untuk mendegradasi zat warna metyelene blue.



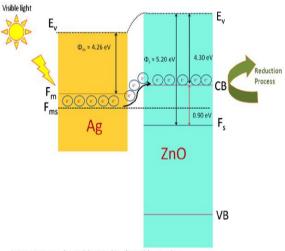
Gambar 3. Grafik Absorbansi zat methylene blue oleh ZnO :Ag pada substrat alumunium foil

Gambar 3 merupakan grafik absorbansi zat Methylene Blue dengan berbagai jenis perlakuan. Dapat terlihat pada gambar bahwa grafik absorbansi Methylene Blue semakin menurun dengan adanya irradiasi perlakuan sinar UV. absorbansi sangat berkurang saat diberikan perlakuan dengan lapisan ZnO :Ag dengan substrat alumunium foil. Tabel 2 merupakan hasil absorbansi zat warna methylene blue dan prosentase degradasi setelah irradiasi selama 4 jam.

Hasil yang diperoleh dari penelitiandari Tabel 2 menunjukkan bahwa lapisan ZnO:Ag mampu mendegradasi zat warna methylene blue. Hal ini terlihat dari perubahan absorbansi dari zat warna methylene blue yang semakin berkurang. Apabila nilai absorbansinya berkurang maka zat methyelene blue vang terlarut dalam air akan semakin berkurang iuga semakin konsentrasinya. Maka kecil konsentrasi methylene blue yang terlarut akan semakin banyak cahaya tampak yang ditranmitansikan. Dapat terlihat juga zat methylene blue 10 ppm terdegradasi lebih baik dengan adanya lapisan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil dibandingkan tanpa lapisan.

Tabel 2. Nilai Prosentase degradasi Methylene Blue

(MD)		
Nama Sample	Absorbansi	%degradasi
MB awal	1,445	-
Mb non sampel	0,776	46,30
MB250	0,46	68,17
MB300	0,272	81,18
MB350	0,183	87,34
MB400	0,379	73,77



E,=Energy in Vaccum, Φ_m =Work function of Ag, Φ ,=Work function of ZnO, F_m =Fermi level of Ag, F_s =Fermi level of ZnO, F_m =Fermi level of equilibrium position CB=conduction band and VB=Valence band

Gambar 4. Diagram skematik rekombinasi *electronhole* selama reaksi fotokatalitik pada ZnO/Ag [1]

Besarnya kemampuan degradasi zat warna methyelene blue tidak terlepas dari penambahan logam pada nanopartikel semikonduktor yang merupakan salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi fotokatalitik. Manfaat tambahan doping logam transisi Ag adalah meningkatnya elektron yang terjebak menghambat proses rekombinasi electronhole selama radiasi. Penurunan proses rekombinasi akibat adanya tambahan doping dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis [7]

Penambahan logam pada semikonduktor ini juga mempengaruhi proses interfacial charge transfer. Level Fermi Ag lebih tinggi dibandingkan ZnO. Hal inilah yang akan memicu transfer elektron dari level Fermi Ag ke level Fermi ZnO hingga dua level tersebut seimbang dan membentuk level energi baru seperti pada **Gambar 4** [1].

Ketika cahaya mampu mengeksitasi elektron pada ZnO:Ag mengakibatkan elektron tereksitasi dari dari pita valensi ke pita konduksi. Hal ini mengakibatkan semakin banyak elektron yang berada pada pita konduksi, sedangkan pada pita valensi akan banyak terjadi kekosongan atau hole. Elektron yang tidak berekombinasi, maka elektron akan terjebak pada permukaan semikonduktor dan akan bereaksi dengan O₂ membentuk membentuk superoksida ('O2") yang berfungsi sebagai reduktor akan mengoksidasi larutan zat warna methylene blue. Sedangkan hole (h+) yang tidak terjebak berekombinasi akan pada permukaan semikonduktor dan bereaksi dengan H₂O akan membentuk radikal hidroksil (OH•) yang merupakan oksidator kuat untuk mereduksi zat warna methylene blue [1]. Reaksi-reaksi kimia tersebut akan berikatan dengan polutan-polutan disekitar material fotokatalis sehingga zat pewarna methylene blue tersebut akan terdegradasi. Radikal-radikal ini akan terbentuk terusmenerus selama film ZnO:Ag disinari cahaya lampu UV.

Aktivitas fotokatalitik juga tidak terlepas dari peran morfologi permukaan mempengaruhi ZnO:Ag yang luas permukaan dan tingkat kekasaran terhadap kemampuan dalam mendegradasi polutan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 bahwa ZnO:Ag pada suhu deposisi 300 °C dan 350 °C memiliki luas area yang kecil dengan tingkat kekasaran (rms) yang kecil pula, sehingga memiliki kemampuan fotokatalitik yang lebih baik dibandingkan suhu yang lain. Hal ini disebabkan karena modifikasi perak pada suhu rendah di bawah 350 °C efektif untuk aktifitas fotokatalitik. Hal ini disebabkan karena kehadiran perak pada suhu tinggi di atas 350 °C mendorong adanya densifikasi dan pertumbuhan ZnO dengan membentuk kumpulan perak (Ag)

dalam matriks ZnO. Hal tersebut menyebabkan pengurangan permukaan aktif fotokatalis untuk adsorpsi degradan dan penyerapan cahaya [18]. Sehingga pada suhu deposisi di atas 350 °C memiliki efisiensi fotokatalitik yang lebih rendah dibandingkan pada suhu suhu deposisi 300 °C dan 350 °C karena pengurangan permukaan aktif fotokatalis yangdapat menghambat aktifitas fotokatalitiknya.

KESIMPULAN

Morfologi permukaan dari ZnO:Ag dengan substrat alumunium foil dengan suhu annealing 250 °C, 300 °C, 350 °C, dan 400 °C adalah bentuk ganglia dengan indikasi sebagai ZnO dan bulir Ag yang menempel pada ZnO. Didapatkan luas permukaan dan tingkat kekasaran ZnO:Ag menurun dengan adanya peningkatan suhu dari 250 °C-300 °C, dan kembali meningkat pada suhu 350 °C-400 °C. Tingkat kekasaran terbesar yaitu terdapat pada lapisan ZnO:Ag suhu 400°C.

Pengujian fotokatalitik lapisan ZnO:Ag pada substrat alumunium foil dengan variasi suhu annealing telah diujicobakan pada zat warna batik methylene blue dengan irradiasi sinar UV selama Hasil jam. penelitian menunjukkan bahwa prosentase degradasi terbesar ditunjukkan oleh lapisan ZnO:Ag dengan suhu 350 °C sebesar 87,34%. Hal ini disebabkan karena modifikasi perak pada rendah untuk aktifitas suhu efektif fotokatalitik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Saravanan *et al.*, "ZnO/Ag nanocomposite: An efficient catalyst for degradation studies of textile effluents under visible light," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 33, no. 4, pp. 2235–2244, 2013.
- [2] S. Baruah, S. K. Pal, and J. Dutta, "Nanostructured Zinc Oxide for

- Water Treatment," *Nanosci*. *Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 90–102, 2012.
- [3] A. Fujishima, T. N. Rao, and D. A. Tryk, "Titanium dioxide photocatalysis," *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–21, 2000.
- [4] P. Amornpitoksuk, S. Suwanboon, S. Sangkanu, A. Sukhoom, N. Muensit, and J. Baltrusaitis, "Synthesis, characterization, photocatalytic and antibacterial activities of Ag-doped ZnO powders modified with a diblock copolymer," *Powder Technol.*, vol. 219, pp. 158–164, 2012.
- [5] N. L. Tarwal and P. S. Patil, "Enhanced photoelectrochemical performance of Ag-ZnO thin films synthesized by spray pyrolysis technique," *Electrochim. Acta*, vol. 56, no. 18, pp. 6510–6516, 2011.
- [6] R. Chauhan, A. Kumar, R. P. Chaudhary, and T. Education, "Synthesis and characterization of silver doped ZnO nanoparticles," *Arch. Appl. Sci. Res.*, vol. 2, no. 5, pp. 378–385, 2010.
- [7] A. Zaleska, "Doped-TiO2: A Review," *Recent Patents Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 157–164, 2008.
- [8] Z. G. Jia, K. K. Peng, Y. H. Li, and R. S. Zhu, "Preparation and photocatalytic performance of porous ZnO microrods loaded with Ag," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* (English Ed., vol. 22, no. 4, pp. 873–878, 2012.
- [9] T. Ali, A. Ahmed, U. Alam, I. Uddin, P. Tripathi, and M. Muneer, "Enhanced photocatalytic and

- antibacterial activities of Ag-doped TiO2 nanoparticles under visible light," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 212, pp. 325–335, 2018.
- [10] S. R. Anggita, "No Title," in papers Seminar Nasional Quantum #25, 2018.
- [11] L. S. Chuah and H. I. Abdulgafour, "Preparation Of Aluminum Foil-Supported ZnO Nanocoral Reef Films," pp. 42–45, 2013.
- [12] F. Peng, H. Wang, H. Yu, and S. Chen, "Preparation of aluminum foil-supported nano-sized ZnO thin films and its photocatalytic degradation to phenol under visible light irradiation," *Mater. Res. Bull.*, vol. 41, no. 11, pp. 2123–2129, 2006.
- [13] M. Jabeen, M. T. Javed, M. W. Ashraf, S. Tayyaba, R. V Kumar, and D. Okara, "SYNTHESIS OF ZnO NANORODS ON ALUMINUM FOIL FOR ETHANOL SENSING AT LOW TEMPERATURE is high enough. High temperature is essential for creation of reaction mechanism. As the," vol. 12, no. 4, pp. 981–992, 2017.
- [14] S. R. Anggita, "Preparation and Microstructure of Ag Doped on ZnO," *J. Nat. Sci. Math Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 148–152, 2016.
- [15] M. Pusvitasari, "Deposisi Lapisan Tipis Zinc Oxide (ZnO) di Atas Substrat Kaca dengan Metode Sol-Gel untuk Aplikasi Degadrasi Warna," *Youngster Phys. J.*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [16] N. Kaneva, A. Bojinova, and Et.al, "Effect of the Substrate on the Photocatalytic Efficiency of ZnO

- Film for Malachite Green Degradation," *J. Chem. Technol. Metall.*, vol. 49, no. 2, pp. 149–156, 2014.
- [17] J. B. You, X. W. Zhang, Y. M. Fan, Z. G. Yin, P. F. Cai, and N. F. Chen, "Effects of the morphology of ZnO/Ag interface on the surface-plasmon-enhanced emission of ZnO films," *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 41, no. 20, p. 205101, 2008.
- [18] R. Georgekutty, M. K. Seery, and S. C. Pillai, "A highly efficient Ag-ZnO photocatalyst: Synthesis, properties, and mechanism," *J. Phys. Chem. C*, vol. 112, no. 35, pp. 13563–13570, 2008.
- [19] S. Metco, "An Introduction to Thermal Spray," no. 5, pp. 1–24, 2012.