

Inkorporasi Oksida Timah (SnO_2) ke dalam Silika Berpori dari Kaolin Alam Lampung dan Kajian Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Fotodegradasi Rhodamin B

Incorporation of Tin Oxide (SnO_2) into Porous Silica from Lampung Natural Kaolinite and Its Application Study as a Photocatalyst for Photodegradation of Rhodamine B

Lilis Hermida¹, Laila Kurnia Purwati², Joni Agustian³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
^{1,2} Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145
Email : lilish60@gmail.com

Abstrak – Rhodamin B yang biasanya terdapat pada limbah cair industri tekstil, kosmetik, batik dan kertas adalah senyawa organik *non-biodegradable* yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Rhodamin B dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang tidak berbahaya melalui proses fotodegradasi dengan menggunakan fotokatalis dan sinar UV. Pada penelitian ini, berbagai fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ telah disintesis dengan menggunakan silika berpori sebagai support katalis. Silika berpori tersebut dibuat dari kaolin alam Lampung sebagai bahan bakunya, silika berpori disintesis melalui proses kalsinasi dan diikuti proses aktivasi alkali dan *etching* dalam kondisi asam. Kemudian silika berpori diinkorporasi dengan SnO_2 melalui metode deposisi-presipitasi untuk memperoleh fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$. Fotokatalis tersebut dikarakterisasi melalui nitrogen adsorpsi/desorpsi, SEM-EDX, FTIR, kemudian fotokatalis tersebut diuji untuk fotodegradasi Rhodamin B. Hasilnya menunjukkan bahwa fotokatalis dapat mencapai *removal* sebanyak 15,28%.

Kata kunci : Silika Berpori, Oksida Timah, Fotokatalis, fotodegradasi, Rhodamin B

Abstract – Rhodamine B, usually present in waste water from textile, cosmetics, batik and paper industries, is a non-biodegradable organic compound that can cause environmental pollution. Rhodamine B can be degraded into nontoxic substances through photodegradation process by using photocatalyst and UV light. In this study, various photocatalysts of $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ were synthesized using porous silica as catalyst support. The porous silica was made from Lampung natural kaolinite as a raw material. The porous silica was synthesized through process of calcination and followed by alkali activation process and acid etching. Then the porous silica was incorporated with SnO_2 through deposition-precipitation method to obtain $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ photocatalyst. The photocatalyst were characterized by nitrogen adsorption/desorption, SEM-EDX, FTIR, then the photocatalyst was tested for photodegradation of rhodamine B. The result shows that photocatalyst achieve removal of 15,28%.

Keyword : Porous Silica, Tin Oxide, Photocatalyst, photodegradation, Rhodamine B

I. PENDAHULUAN

Polusi lingkungan yang disebabkan oleh zat pewarna beracun seperti Rhodamin B telah menjadi persoalan global. Rhodamin B biasanya terdapat pada limbah cair industri tekstil, kosmetik, batik dan kertas. Berbagai proses dikembangkan untuk mengolah limbah yang mengandung Rhodamin B seperti kondensasi, ultrafiltrasi, pemisahan menggunakan membrane dan adsorpsi. Namun proses-proses tersebut tidak menghilangkan zat pewarna beracun sepenuhnya dan hanya memindahkan atau merubah zat tersebut menjadi bentuk yang berbeda. Fotodegradasi adalah salah satu proses oksidasi lanjutan dengan menggunakan fotokatalis dan sinar UV sehingga dapat mengoksidasi zat pewarna beracun seperti Rhodamin B menjadi senyawa yang tidak berbahaya bagi lingkungan seperti CO_2 , H_2O dan lain-lain [1]. Material yang biasanya digunakan sebagai fotokatalis dalam

fotodegradasi limbah organik adalah material semikonduktor.

Oksida timah (SnO_2) sebagai salah satu bahan semikonduktor oksida yang memiliki potensi yang cukup baik sebagai fotokatalis. Telah dilaporkan diliteratur bahwa SnO_2 menunjukkan efek fotoaktifitas terhadap degradasi *dye* (bahan celupan) dan senyawa organik lainnya [2]. Penelitian tentang fotokatalis SnO_2 yang berbentuk nanopartikel sebagai pendegradasi Rhodamin B (RhB) telah dilakukan oleh Zouli [3]. Proses pendegradasian Rhodamin B tersebut dilakukan dengan menggunakan lampu UV 300 W dengan waktu hingga 3 jam. Hasil penelitian menyatakan bahwa nanopartikel SnO_2 dapat mendegradasi Rhodamin B (RhB) dengan bantuan sinar dari lampu UV 300W dengan persentase removal hingga 100%. Dalam waktu 2 jam.

Silika berpori telah banyak dikembangkan sebagai support katalis karena dapat meningkatkan proses

fotokatalis [4] contohnya fotokatalis oksida logam (TiO_2 , SnO_2 , dan ZnO) yang diimpregnasi/inkorporasi kedalam silika berpori. Pada penelitian ini SnO_2 diinkorporasi terlebih dahulu ke dalam *support* berupa silika berpori sehingga diperoleh fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$. Silika berpori yang digunakan pada penelitian ini dibuat dengan memanfaatkan kaolin alam lampung sebagai bahan bakunya. Kaolin mengandung silika (46%) dan merupakan salah satu hasil tambang yang banyak terdapat di provinsi Lampung [5]-[6]. Penelitian tentang inkorporasi timah (Sn) ke dalam silika mesopori berbentuk kubik telah dilakukan oleh Rajalakshmi. [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari inkorporasi SnO_2 kedalam silika berpori dari kaolin alam Lampung dan pengaruh perbandingan rasio Sn/Si pada pembuatan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ terhadap kinerja fotokatalis tersebut dalam fotodegradasi rhodamin B.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu ayakan ukuran 200 mesh, *furnace*, *waterbath*, erlenmeyer, oven, kertas saring, timbangan analitis, gelas beker, *stiring hot plate*, kondensor, lampu UV 4W, dan fotoreaktor (**Gambar 1**).

Sedangkan bahan yang digunakan adalah kaolin alam lampung, larutan HCl (Pro Analysis), silika berpori, $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, akuades, urea, fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$, dan rhodamin B.

B. Prosedur Penelitian

1) Pembuatan Silika Berpori

Metode ini mengadaptasi metode yang telah dilakukan oleh Shu dkk. [8]. Kaolin diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk kaolin dikalsinasi selama 4 jam dengan temperatur 850°C , kemudian *dietching* menggunakan HCl pada temperatur 80°C selama 7 jam, setelah itu dibilas menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa-sisa asam lalu dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 110°C selama 12 jam.

2) Pembuatan Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$

Metode pembuatan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ mengacu pada metode deposisi-presipitasi yang telah dilakukan oleh Hermida dkk. [9]. Silika berpori dipanaskan di dalam *oven* dengan suhu 120°C selama 4 jam. Kemudian mencampur 4 gram silika berpori dengan 120 ml air suling yang mengandung 0,0596 gram $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (untuk rasio Sn/Si 0,01) dan 1,083 gram urea. Setelah itu mereflux campuran pada suhu 90°C selama 5 jam. Produk kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali. Selanjutnya, mengeringkan produk pada suhu 100°C selama 24 jam kemudian mengkalsinasi produk dengan suhu 550°C selama 6 jam. Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dibuat dengan variasi rasio Sn/Si 0,01; 0,025; 0,05; 0,1.

3) Karakterisasi Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$

Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ yang dihasilkan dikarakterisasi melalui adsorpsi/desorpsi nitrogen, *scanning electron microscope* (SEM-EDX) dan *fourier transformed infrared spectroscopy* (FTIR). Isotherm adsorpsi-desorpsi nitrogen diukur dengan menggunakan Quanta-chrome Autosorb 1C. Sebelum dianalisa, sampel dikeluarkan gas didalamnya dengan tekanan $p < 10^{-1}$ Pa pada suhu 270°C selama 6 jam. Gambar SEM dianalisa dengan alat Oxford INCA 400 energy dispersive X-ray (EDX) untuk mengetahui komposisi fotokatalis. Spektrum FT-IR digunakan untuk mengetahui ikatan kimia yang terdapat pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$.

4) Uji Aktivitas Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ Terhadap Rhodamin B

Metode yang digunakan pada uji aktivitas fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ terhadap rhodamin B mengacu pada metode yang dilakukan oleh R. Bagatche dkk. [10]. Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ sebanyak 25 mg dilarutkan ke dalam larutan rhodamin B 20 mL yang mengandung rhodamin B 10 mg/L. Kemudian aduk campuran tersebut dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit dalam keadaan gelap. Lalu, meradiasikan suspensi fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dan rhodamin B dengan lampu UV 4 W selama 4 jam. Setelah itu, saring untuk memisahkan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dari larutan rhodamin B. Perlakuan tersebut dilakukan pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dengan masing-masing variasi rasio Sn/Si yaitu 0,01; 0,025; 0,05; 0,1. **Gambar 1**. Skema Fotoreaktor fotokatalisis.

5) Perhitungan persentase removal rhodamin B oleh fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$

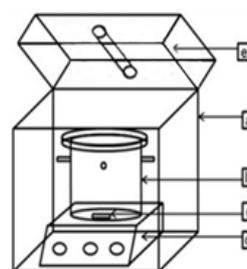
Persentase *removal* rhodamin B oleh fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ ditentukan dengan menggunakan persamaan 1 [12]:

$$\text{Persentase removal Rhodamin B} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana,

C_{awal} = Konsentrasi rhodamin B pada kondisi awal (mg/L)

C_{akhir} = Konsentrasi rhodamin B pada kondisi akhir (mg/L)



- (a) Kotak Uji
- (b) Reaktor
- (c) Magnetic Stirrer
- (d) Hot Plate
- (e) Lampu UV 4

Gambar 1. Skema Fotoreaktor Fotokatalisis [11]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Fotokatalis

Properti material silika berpori dan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ diperoleh berdasarkan nitrogen adsorpsi/desorpsi dengan menggunakan data dari metode *Barret, Joyner and Halenda* (BJH) untuk menentukan luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori. Hasil karakterisasi nitrogen adsorpsi/desorpsi silika berpori dan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ ditunjukkan pada **Tabel 1**.

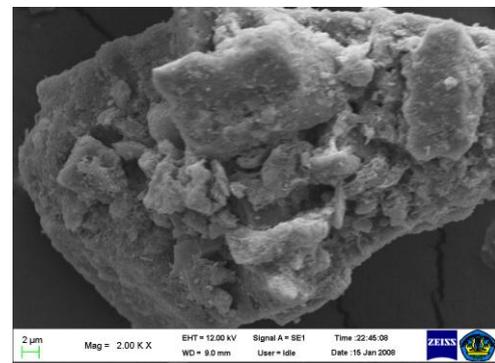
Tabel 1 menunjukkan bahwa silika berpori mempunyai luas permukaan dan ukuran pori yaitu $33,330 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $19,132 \text{ \AA}$. Luas permukaan dan ukuran pori tersebut terbentuk dikarenakan adanya proses *selective etching*. Pada proses *selective etching* biasanya akan menghasilkan mikropori dengan celah lebar yang terbentuk diantara lapisan silika tetrahedral [13]-[14]. Oleh karena itu, pori yang terbentuk pada silika berpori dari kaolin alam lampung sebagian besar adalah mikropori. Berdasarkan IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) ukuran pori kurang dari 20 \AA merupakan mikropori [15]. Selain itu, terlihat bahwa terjadi penurunan ukuran pori silika berpori setelah dilakukan inkorporasi oksida timah (SnO_2). Hal ini dikarenakan pori-pori silika berhasil diisi oleh logam Sn. Ukuran pori silika berpori sebelum terinkorporasi adalah sebesar $19,132 \text{ \AA}$, dan setelah dilakukan inkorporasi ukuran porinya menjadi $19,089$ untuk variasi $0,01$; $19,091 \text{ \AA}$ untuk variasi $0,025$; $19,071$ untuk variasi $0,05$; $19,132 \text{ \AA}$ untuk variasi $0,1$.

Tabel 1. Properti Material

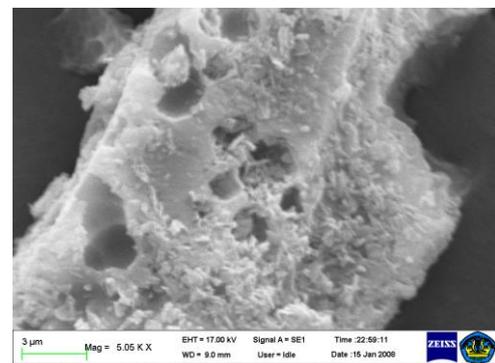
| No | Material | Luas Permukaan (m^2/g) | Volume Pori (cc/g) | Ukuran Pori (\AA) |
|----|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| 1 | Silika Berpori | 33,330 | 0,094 | 19,132 |
| 2 | Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,01 | 95,515 | 0,184 | 19,089 |
| 3 | Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 | 45,552 | 0,092 | 19,091 |
| 4 | Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,05 | 29,846 | 0,068 | 19,071 |
| 5 | Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,1 | 32,834 | 0,082 | 19,132 |

Pada variasi $0,1$ ukuran pori setelah dilakukan inkorporasi dan sebelum dilakukan inkorporasi sama yaitu $19,132 \text{ \AA}$, namun terjadi penurunan volume pori dimana volume pori sebelum inkorporasi adalah sebesar $0,094 \text{ cc/g}$ dan setelah inkorporasi volume porinya menjadi $0,082 \text{ cc/g}$. Penurunan ukuran volume pori juga dapat mengindikasikan bahwa pori-pori silika berpori berhasil diisi oleh logam Sn. Hasil yang sama juga telah dilaporkan pada literatur [16], dimana silika mesopori telah berhasil diinkorporasi katalis oksida timah (SnO_2) dan mengalami penurunan ukuran pori dan volume pori. Adanya perbedaan luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ yang terbentuk kemungkinan dikarenakan Sn yang tidak sepenuhnya berhasil masuk ke dalam pori-pori silika berpori.

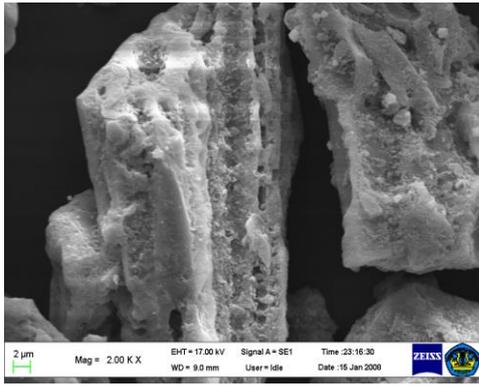
Proses deposisi-presipitasi dimulai ketika temperatur larutan mencapai 90°C . Hal ini menyebabkan hidrolisis urea sehingga meningkatkan pH [17]. Mekanisme deposisi-presipitasi telah dijelaskan pada literatur [18] dan dianalogikan pada proses inkorporasi oksida timah (SnO_2) ke dalam silika berpori pada kajian ini. Mekanisme tersebut adalah sebagai berikut: ketika pH larutan meningkat, silika dari silika berpori menjadi bermuatan negatif dan pH menjadi lebih besar daripada *point of zero charge* (PZD $\sim\text{pH } 2$) sehingga SnO_2 akan teradsorpsi secara elektrostatis. Indikasi keberhasilan inkorporasi oksida timah (SnO_2) ini didukung dengan hasil analisa SEM-EDX dengan perbesaran 2000 kali dan 5000 kali yang dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut ini.



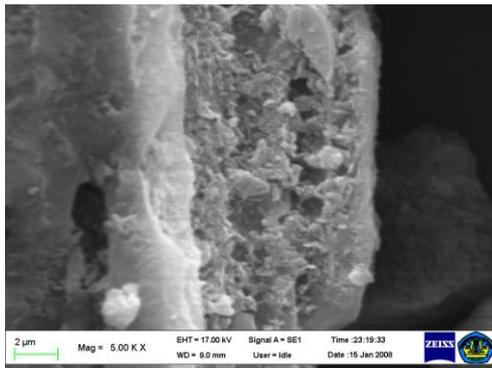
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Hasil Analisa SEM dari (a) Silika Berpori Perbesaran 2000 kali ; (b) Silika Berpori Perbesaran 5000 kali ; (c) Fotokatalis SnO₂-SiO₂ rasio 0,025 Perbesaran 2000 kali ; (d) Fotokatalis SnO₂-SiO₂ rasio 0,025 Perbesaran 5000 kali

Berdasarkan hasil analisa tersebut bentuk material silika berpori **Gambar 2(a dan b)** dapat dibandingkan dengan bentuk material fotokatalis SnO₂-SiO₂ **Gambar 2(c dan d)**. Dari **Gambar 2(a dan b)** terlihat bahwa struktur material silika berpori memiliki struktur amorf [8]. **Gambar 2(a)** menunjukkan struktur silika berpori dengan perbesaran 2000 kali, dari gambar tersebut terlihat partikel terbesar yang muncul dibentuk oleh beberapa lapisan tipis partikel yang menumpuk bersamaan sehingga membentuk gumpalan atau tumpukan, hasil ini mirip dengan yang telah dilakukan oleh Temuujin dkk. [19]. Pada **Gambar 2(b)** silika berpori dengan perbesaran 5000 kali terlihat adanya pori yang terbentuk pada permukaan silika berpori, pori yang terbentuk tersebut dipengaruhi oleh proses *acid etching* [8] bahwa kandungan alumina yang terdapat pada kaolin dapat larut dalam kondisi asam. Setelah dilakukan inkorporasi oksida timah (SnO₂) ke dalam silika berpori terlihat adanya perbedaan pada **Gambar 4(a dan b)** dan **Gambar 4(c dan d)**. Dari **Gambar 4(c)** terlihat struktur fotokatalis SnO₂-SiO₂ 0,025 dengan perbesaran 2000 terdapat partikel-partikel halus yang menempel pada permukaan fotokatalis bila dibandingkan dengan silika berpori **Gambar 4(a)**. Pada **Gambar 4(d)** fotokatalis SnO₂-SiO₂ 0,025

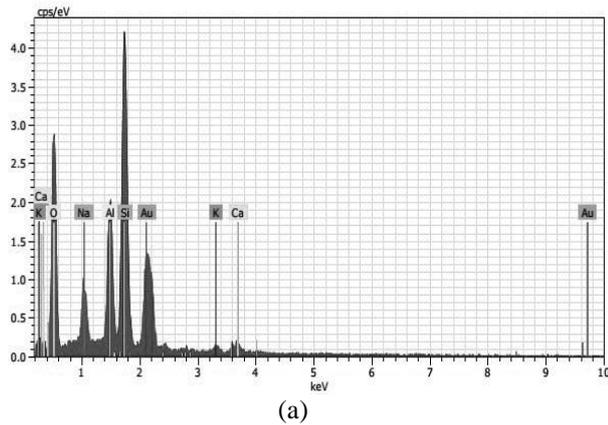
dengan perbesaran 5000 kali dapat terlihat lebih jelas bahwa adanya penumpukkan partikel-partikel halus di permukaan fotokatalis yang melekat pada pori-pori. Hal tersebut menandakan bahwa adanya pelekatan katalis Sn di permukaan fotokatalis. Hasil ini mirip dengan literatur [20] bahwa setelah dilakukan inkorporasi struktur permukaan fotokatalis menjadi lebih kasar bila dibandingkan dengan struktur silika berpori, seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa perbedaan struktur permukaan tersebut menandakan proses inkorporasi berhasil dilakukan. Komposisi kandungan yang terdapat di dalam silika berpori dan fotokatalis SnO₂-SiO₂ 0,025 hasil analisa EDX dalam % massa dapat dilihat pada **Tabel 2 dan 3**. Data pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa di dalam silika berpori mengandung elemen unsur Oksigen (O), Emas (Au), Silika (Si), Alumunium (Al), Natrium (Na), Kalsium (Ca), Kalium (K). Sedangkan pada fotokatalis SnO₂-SiO₂ mengandung elemen unsur yang ditunjukkan pada **Tabel 3** yaitu Emas (Au), Silika (Si), Oksigen (O), Alumunium (Al), Kalium (K), dan Timah (Sn). Adanya elemen unsur Sn pada fotokatalis SnO₂-SiO₂ menunjukkan bahwa inkorporasi telah berhasil dilakukan. Hasil analisa EDX untuk silika berpori dan fotokatalis SnO₂-SiO₂ 0,025 dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Tabel 2. Komposisi Silika Berpori

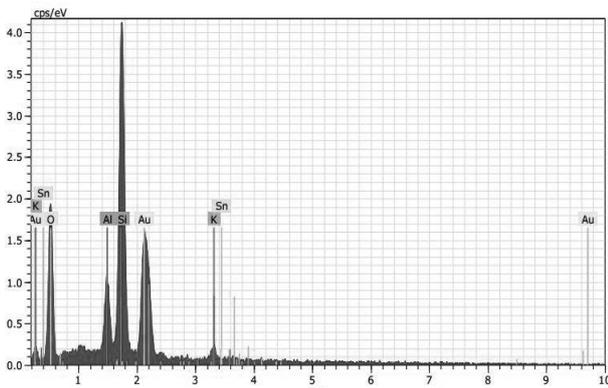
| Silika Berpori | |
|----------------|---------|
| Elemen Unsur | % massa |
| O | 27,93 |
| Au | 27,30 |
| Si | 27,01 |
| Al | 8,65 |
| Na | 3,78 |
| Ca | 3,78 |
| K | 1,55 |

Tabel 3. Komposisi Fotokatalis SnO₂-SiO₂

| Silika Berpori | |
|----------------|---------|
| Elemen Unsur | % massa |
| Au | 37,48 |
| Si | 32,10 |
| O | 21,66 |
| Al | 5,54 |
| K | 2,53 |
| Sn | 0,69 |

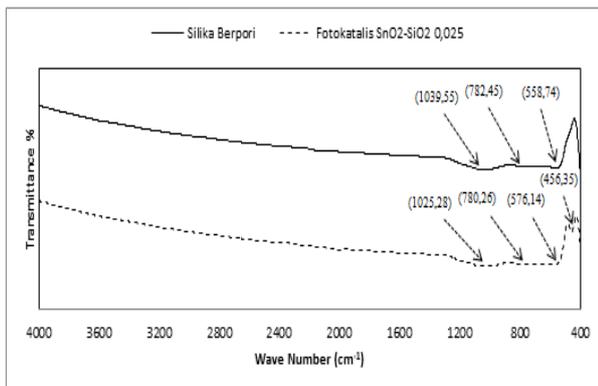


(a)



(b)

Gambar 3. Spektrum EDX dari (a) Silika Berpori ; (b) Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025



Gambar 4. Spektrum FTIR Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 dan Silika Berpori

Tabel 4. Karakteristik dari FTIR Silika Berpori dan Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$

| Jenis Ikatan IR | Panjang Gelombang (cm^{-1}) | Referensi |
|-----------------|--|----------------------|
| H-OH | 1731-1589 | Belver dkk. [21] |
| Si-O Stretching | 1120-1000 | Madejova [22] |
| Si-O | 829-767 | Abdullayev dkk. [23] |
| | 578-516 | Pesquera dkk. [24] |
| O-Sn-O | 500-400 | Ignatieva dkk. [25] |

Tabel 5. Hasil Analisis FTIR Silika Berpori dan Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$

| Silika Berpori | Panjang Gelombang (cm^{-1}) Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ | Interpretasi |
|----------------|--|-----------------|
| 1039,55 | 1025,28 | Si-O Stretching |
| 782,45 | 780,26 | Si-O |
| 558,74 | 576,14 | |
| - | 456,35 | O-Sn-O |

Berdasarkan **Gambar 3**, dapat disimpulkan bahwa inkorporasi oksida timah (SnO_2) telah berhasil dilakukan karena adanya presentasi massa logam Sn di dalam fotokatalis tersebut. Bukti lain bahwa adanya SnO_2 yang telah terinkorporasi pada silika berpori ditunjukkan dengan adanya ikatan O-Sn-O pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 oleh FTIR yang terlihat pada **Gambar 4**. Panjang gelombang $1039,55 \text{ cm}^{-1}$ pada silika berpori menunjukkan bahwa adanya ikatan Si-O stretching yang terdapat pada silika berpori. Pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ terdapat panjang gelombang yang juga menunjukkan bahwa adanya ikatan Si-O stretching yaitu di panjang gelombang $1025,28 \text{ cm}^{-1}$. Hal itu seperti yang telah dilaporkan sebelumnya pada literature [22]. Selain itu, spektra FTIR juga menunjukkan adanya ikatan Si-O pada silika berpori dan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ pada panjang gelombang $782,45$ dan $558,74$ pada silika berpori serta $780,26$ dan $576,14$ pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ [23]-[24]. Kemunculan panjang gelombang pada silika berpori tidak jauh berbeda dengan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$, hal itu menunjukkan bahwa pada proses inkorporasi tidak merubah sifat silika berpori. Namun, terdapat panjang gelombang $456,35 \text{ cm}^{-1}$ pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ yang tidak terdapat pada silika berpori, panjang gelombang tersebut menunjukkan bahwa adanya ikatan O-Sn-O pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$. Diketahui bahwa pada panjang gelombang $500\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$ merupakan ikatan O-Sn-O [25].

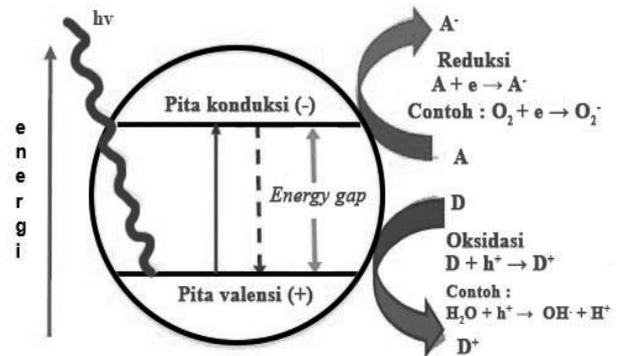
B. Uji Aktivitas Fotokatalis terhadap Fotodegradasi Rhodamin B

Menurut Jean-Marie Herrman [26] jika permukaan bahan semikonduktor dikenai energi foton dari sinar ultraviolet (UV) yang mempunyai energi lebih besar dari energi band gap semikonduktor tersebut, maka akan terbentuk sepasang electron (e^-) dan hole (h^+) yang dapat mereduksi dan/atau mengoksidasi senyawa-senyawa (polutan) yang ada disekitar katalis semikonduktor tersebut. Mekanisme fotokatalis ditunjukkan pada **Gambar 5**. Oksida timah (SnO_2) adalah tipe semikonduktor dengan band gap 3,6-3,8 eV, band gap besar yang terdapat pada semikonduktor menunjukkan material fotokatalis yang tepat [27]. Aktivitas fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ diuji melalui proses fotodegradasi rhodamin B dengan jumlah fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$, sumber sinar lampu UV 4 watt dan lama penyinaran 4 jam yang sama pada setiap fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dengan variasi rasio Sn/Si 0,01; 0,025; 0,05; 0,1. Persentase *removal* rhodamin B dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Data persentase *removal* rhodamin B pada proses fotodegradasi menggunakan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ variasi rasio Sn/Si 0,025 memiliki aktivitas fotokatalis tertinggi dibandingkan dengan $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ variasi rasio lainnya. Pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 persentase *removal* rhodamin B mencapai 15,25%. Hal itu dikarenakan luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 cukup besar seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1** sehingga memungkinkan rhodamin B untuk teradsorpsi lebih banyak kemudian terjadi reaksi fotodegradasi rhodamin B. Sedangkan, persentase *removal* rhodamin B pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,01 hanya mencapai 3,49%, hal itu dikarenakan hanya sedikit saja oksida timah (SnO_2) yang diinkorporasi ke dalam silika berpori sehingga hanya sedikit oksida timah (SnO_2) yang bereaksi pada proses fotodegradasi terhadap rhodamin B akibatnya persentase *removal* rhodamin B sangat rendah meskipun luas permukaan dan volume pori fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,01 lebih besar dibandingkan fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**. Penurunan aktivitas fotokatalis pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,05 dan 0,1 yang ditunjukkan pada **Tabel 6** terjadi karena luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori tidak merata, hal tersebut kemungkinan dikarenakan Sn tidak sepenuhnya berhasil masuk ke dalam silika berpori sehingga proses fotodegradasi mengalami penurunan. Persentase *removal* pada rhodamin B menandakan struktur *chromophoric* pada rhodamin B telah mengalami kerusakan. Terjadinya proses fotodegradasi dari rhodamin B diawali dengan reaksi antara rhodamin B dengan $\bullet\text{OH}$ dari fotokatalis SnO_2 , kemudian rhodamin B mengalami degradasi oksidatif sehingga menghasilkan produk akhir CO_2 dan H_2O . [29].

Tabel 6. Persentase *Removal* Rhodamin B

| Material | Persentase <i>Removal</i> |
|---|---------------------------|
| Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,01 | 3,49 |
| Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,025 | 15,28 |
| Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,05 | 14,06 |
| Fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ 0,1 | 10,06 |



Gambar 5. Mekanisme Fotokatalis [28]

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa proses inkorporasi oksida timah (SnO_2) ke dalam silika berpori berhasil, hal itu ditunjukkan oleh hasil analisis nitrogen adsorpsi/desorpsi bahwa terjadi penurunan ukuran pori maupun volume pori. Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori silika berpori terinkorporasi oksida timah (SnO_2). Selain itu, pada karakterisasi SEM-EDX terdapat presentasi massa logam Sn dan pada karakterisasi FTIR terdapat ikatan O-Sn-O yang juga menunjukkan bahwa proses inkorporasi berhasil dilakukan. Pada uji aktivitas fotokatalis terhadap fotodegradasi rhodamin B didapatkan persentase *removal* tertinggi terjadi pada fotokatalis $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$ rasio 0,025 dengan persentase *removal* sebesar 15,28%.

B. Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai inkorporasi oksida timah (SnO_2) ke dalam silika berpori seperti support yang digunakan silika mesopori agar support memiliki ukuran pori yang lebih besar dibandingkan silika berpori sehingga rhodamin B yang teradsorpsi lebih banyak dan oksida timah (SnO_2) yang berhasil terinkorporasi juga lebih banyak. Selain itu, tingkatkan besarnya daya watt lampu UV agar energi yang diberikan pada proses fotodegradasi lebih besar, hal itu akan menyebabkan sepasang electron (e^-) dan hole (h^+) yang terbentuk menjadi lebih banyak sehingga persentase *removal* rhodamin B lebih tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan fasilitas berupa alat-alat sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kapti. R & Tien. S, "Fotodegradasi Sianida dalam Limbah Cair Tapioka," *Molekul*, vol. 8, no. 1, 2013, pp. 49-57.
- [2] Wu, S.S., H. Q. Cao., S. F. Yin., X. W. Liu., dan X. R. Zhang, "Amino Acid-Assisted Hydrothermal Synthesis and Photocatalysis of SnO₂ Nanocrystals," *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 113, no.41, 2009, pp. 13-18.
- [3] He, Zouli & Jiaqi Zhou, "Synthesis, Characterization, and Activity of Tin Oxide Nanoparticles: Influence of Solvothermal Time on Photocatalytic Degradation Rhodamine B," *Modern Research in Catalysis*, vol. 2, 2013, pp. 13-18.
- [4] Khasanah. U & Amaira, "Sintesis TiO₂-SiO₂ dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis dalam mendegradasi Zat Warna Rhodamin B," *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 3, no. 1, 2014, pp. 65-72.
- [5] Abdullahi, Y. E.A. Ali & Lawal A.O, "Roast-Alkaline Leaching of Silica from Kaolinitic Clay," *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 8, no. 10, 2013, pp. 864-870.
- [6] Bandar Lampung News," Waykanan Tawari Investor Kelola Potensi Kaolin", 26 Juli 2011. Website: <http://www.bandarlampungnews.com/index.php?k=ekonomi&i=6354Waykanan%20Tawari%20Investor%20Kelola%20Potensi%20Kaolin>, diakses tanggal 9 September 2016.
- [7] Rajalakshmi, Rajamanickam., Rajamanickam Maheswari & Anand Ramanathan, "Characterization and activity of novel tin incorporated ordered cubic mesoporous silicate, Sn-KIT-6," *Materials Research Bulletin*, vol. 75, 2016, pp. 224-229.
- [8] Shu. Z, Li. T, Zhou. J, Chen. Y, Yu. D & Wang. Y, "Template-free preparation of mesoporous silica and alumina from natural kaolinite and their application in methylene blue adsorption," *Applied Clay Science*, vol. 102, 2014, pp. 33-40.
- [9] Hermida, Lilis., Ahmad Zuhairi Abdullah & Abdul Rahman Mohamed, "Post Synthetically Functionalized SBA-15 with Organosulfonic Acid and Sulfated Zirconia for Esterification of Glycerol to Monoglyceride," *Journal of Applied Sciences*, vol. 10, no. 24, 2010, pp. 3199-3206.
- [10] Bagatche, R., K. Abdmeziem., G. Rekhila & M. Trari, "Synthesis and semiconductor properties of Na₂MnPO₄F. Application to degradation of Rhodamine B under UV-Light," *Journal Materials Science in Semiconductor Processing*, vol. 51, 2016, pp. 1-7.
- [11] Naimah, Siti & Rahyani Ermawati. "Efek Fotokatalis Nano TiO₂ Terhadap Mekanisme Antimikroba E Coli dan Salmonella," *Jurnal Riset Industri*, Vol. 5, no. 2, 2011, pp. 113-120.
- [12] Erdem, E, Karapinar. N, & Donat. R, "The removal of heavy metal cations by natural zeolites," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol: 280, 2004, pp. 309-314.
- [13] Okada. K, Shimai. A, Takei. T, Hayashi. S, Yasumori. A & MacKenzie. K.J.D, "Preparation of microporous silica from metakaolinite by selective leaching method," *Microporous Mesoporous Material*, vol. 21, 1998, pp. 289-296.
- [14] Kosuge. K, K. Shimada & A. Tsunashima, "Micropore formation by acid treatment of antigorite," *Chem. Mater*, vol: 7, 1995, pp. 2241-2246.
- [15] K. S.W. Sing, "Adsorption Methods for the Characterization of Porous Materials," *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 76-77, 1998, pp. 3-11.
- [16] P, Shah. Ramaswamy, A. V., Pasricha, R., Lazar, K, and Ramaswamy, V. "Incorporation of tin into mesoporous silica SBA-15 molecular sieves" *Studies in Surface Science and Catalysis*, vol. 154, 2004, pp. 870-877.
- [17] P. Burattin, M. Che and C. Louis, "Molecular Approach to the Mechanism of Deposition-Precipitation of the Ni(II) Phase on Silica," *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 102, No. 15, 1998, pp. 2722-2732.
- [18] R. Iler, "The Chemistry of Silica," John Wiley & Sons, New York, 1979.
- [19] Temuujin. J, Okada. K, MacKenzie K.J.D, Jadambaa. T, "Charaterization of porous silica prepared from mechanically amorphized kaolinite by selective leaching," *Powder Technology*, 2001, vol. 121, pp. 259-262.
- [20] Hermida, Lilis., Ahmad Zuhairi Abdullah & Abdul Rahman Mohamed, "Synthesis and Characterization of Mesostructured Cellular Foam (MCF) Silica Loaded with Nickel Nanoparticles as a Novel Catalyst," *Materials Sciences and Application*, vol. 4, 2013, pp. 52-62.
- [21] Bolver. C, Bañares Muñoz, M.A, Vicente. M.A, "Chemical activation of a kaolinite under acid and alkaline conditions," *Chem. Mater*, vol: 14, 2002, pp. 2033-2043.
- [22] Madejova. J, "FTIR techniques in clay mineral studies," *Vibrational Spectroscopy*, vol: 31, 2003, pp. 1-10.
- [23] Abdullayev. E, Joshi. A, Wei. W, Zhao. Y, Lvov. Y, "Enlargement of halloysite clay nanotube lumen by selective etching of

- aluminum oxide,” *ACS Nano*, vol: 6, 2012, pp. 7216–7226.
- [24] Pesquera, C., Gonzalez, F., Benito, L., Blanco, C., Mendioroz, S & Psajares, J., “Passivation of a montmorillonite by the silics created in acid activation,” *Journal of Materials Chemistry*, vol.2, 1992, pp 907-911.
- [25] Ignatieva, L.N., N. V. Surovtsev., V. G. Plotnichenko., V. V. Koltachev., E. B. Merku;ov., S. S. Polyshchuk., V. M. Bouzник. “The perculiarties of floride glass structure. Spectroscopic study”. *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol 353, 2007, pp. 1238-1242.
- [26] Herrmann, Jean Marie., “Heterogeneous photocatalysis: Fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants,” *Catalysis Today*, vol. 53, 1999, pp. 115–129.
- [27] Kwak, Jin Ku., Kyung Hoon Park., Dong Yeol Yun., Dea Uk Le & Tae Whan Kim, “Microstrucural and Optical Properties of SnO₂ Nanoparticles Formed by Using a Solvothermal Synthesis Method,” *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 57, no. 6, 2010, no. 1803-1806.
- [28] Putra, Dwi Dhani., “Sintesis Fotokatalis CuO/ZnO untuk Konversi Metanol Menjadi Hidrogen,” *Skripsi*, Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2008.
- [29] Yang, Y., Guo Y., Hu C., Jiang C & Wang E, “Synergistic effect of Keggin type [X_n+W₁₁O₃₉](12-n)- and TiO₂ in macroporous hybrid materials [X_n+W₁₁O₃₉](12-n)-TiO₂ for the photocatalytic degradation of textile dyes.” *Journal of Materials Chemistry*, vol. 13, 2003, pp. 1686-1694.
- [2] Laila Kurnia Purwati adalah seorang Mahasiswa yang saat ini sedang menempuh pendidikan S1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- [3] Dr. Joni Agustian, S. T., M.Sc adalah seorang Dosen di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Memiliki pengalaman pemakalah seminar ilmiah yaitu 2nd ICSTAR; 4th International Conference for Young Chemist; International Conference on Environmental Reasearch and Technology 2012 (ICERT 2012); Peserta 2nd International Conference for Young Chemist; Short course on Chirality: Analysis and Emerging Issues; Research design and methodology data analysis and scientific writing workshop; Seminar on Science and Technology FORUM HEDS.

BIODATA PENULIS

- [1] Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc adalah seorang Dosen di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Memiliki pengalaman pemakalah seminar ilmiah yaitu 1st International Conference on Process Engineering and Advanced Materials (SOMCHE2010/ICPEAM2010); Asian International Conference on Materials, Minerals, and Polymer (MAMIP2012); 3rd Interational Conference on Environmental Research and Technology (ICERT2012); International Conference for Young Chemist (4th ICYC 2013). Penghargaan dalam 10 tahun terakhir berupa Nominator Kategori Peneliti pada Lomba Penelitian dan Pengembangan Teknologi Terapan dan Winner of Sanggar Sanjung Award for Excellent Achievement in Category of Journal Publication.