

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL FOTOKATALIS HETEROJUNCTION $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$ DENGAN METODE SONIKASI

Annisa Nur Illahi<sup>1</sup>, Usman Ali Rouf<sup>1</sup>, Hasal Maulidianingtyas<sup>1</sup>, Erna Hastuti<sup>2</sup>, Anton Prasetyo<sup>1</sup>, Vina Nurul Istighfarini<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

\*email: vinoganessa@gmail.com

Received 01 April 2020

Accepted 21 May 2020

### Abstrak

$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{SrTiO}_3$  merupakan material semikonduktor yang berpeluang untuk digunakan sebagai fotokatalis. Namun, kedua material tersebut memiliki kekurangan karena hanya mampu bekerja pada daerah sinar UV dan memiliki laju rekombinasi yang cepat. Pembuatan material *heterojunction* merupakan salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini. Riset ini bertujuan untuk mempelajari sifat fotokatalitik komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  yang disintesis dengan metode sonikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  berhasil disintesis tanpa adanya pengotor. Mikrograf SEM menunjukkan bahwa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  berbentuk *plate-like* sedangkan  $\text{SrTiO}_3$  berbentuk *irregular spheres*. Data UV-Vis DRS menunjukkan bahwa nilai energi celah pita  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan perbandingan mol (1/1), (1/2), (1/4), dan (1/6) berturut-turut adalah 3,178; 3,70; 3,137, dan 3,160 eV, dan aktivitas fotokatalitiknya terhadap metilen biru berturut-turut memiliki persen degradasi sebesar: 16,8307; 16,9891; 13,32,415 dan 20,8578%.

**Katakunci:**  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , fotokatalis, heterojunction, sonikasi,  $\text{SrTiO}_3$

### Abstract

$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  and  $\text{SrTiO}_3$  are semiconductor materials that have the opportunity to be used as photocatalysts. However, both of these materials has drawback because they are only able to work in the UV region and the rapid recombination rate. Synthesis heterojunction material is one effort to overcome this problem is to. This research aims to study the photocatalytic properties of composite  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  heterojunction material prepared by sonication methods. The results of this study show that  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  had formed and no impurities were found. SEM image showing that  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  is plate like and  $\text{SrTiO}_3$  is irregular spherical shape (irregular spheres). UV-Vis DRS data show that the value of the band gap energy of  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  (1/1), (1/2), (1/4), and (1/6) are 3.178; 3.70; 3.137, and 3.160 eV respectively, and the degradation percentages are 16.8307, 16.9891, 13.32,415 and 20.8578% respectively.

**Keywords:**  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , photocatalyst, heterojunction, sonication,  $\text{SrTiO}_3$

## Pendahuluan

Zat warna yang berasal dari industri pewarnaan, penyamakan kulit, tekstil, dan cat merupakan salah satu sumber pencemar utama di daerah perairan. Beragam teknik pengolahan limbah zat warna yang telah diupayakan diantaranya yaitu adsorpsi, koagulasi, flokulasi, dan fotokatalisis. Metode fotokatalisis diketahui lebih ramah lingkungan dan efektif untuk mendegradasi limbah zat warna dibandingkan metode lainnya (Yahya, et al., 2018).

Beberapa tahun terakhir, banyak dikembangkan bahan fotokatalis dari material berstruktur Aurivillius, termasuk  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . Material ini merupakan senyawa berstruktur Aurivillius lapis tiga dengan energi celah pita sebesar 2,95 eV (Gu, et al., 2017). Selain  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , material berstruktur perovskite  $\text{SrTiO}_3$  juga banyak mendapat perhatian karena potensinya sebagai material fotokatalis, disebabkan mempunyai beberapa keunggulan yaitu: kestabilan struktur dan termal. Dilaporkan juga mempunyai aktivitas fotokatalitik yang bagus (Gao, et al., 2018).

Selain kelebihan tersebut, kedua material  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{SrTiO}_3$  juga memiliki kelemahan yakni: (a) nilai energi celah pita yang tergolong tinggi, dan (b) laju rekombinasi *electron-hole* yang sangat cepat yang menyebabkan berkurangnya aktivitas fotokatalitik (Gu et al., 2017; Gao, et al., 2018). Pembuatan material komposit *heterojunction* merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi laju rekombinasi *electron-hole* yang tinggi (Ruzimuradov, et al., 2014). Zhao, et al., (2015) telah mensintesis material *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan menggunakan metode hidrotermal dan diperoleh hasil bahwa energi celah pita menjadi lebih rendah dan mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih bagus.

Selain faktor struktur, aktivitas fotokatalitik juga dipengaruhi oleh ukuran dan sebaran partikel. Ukuran partikel yang

semakin kecil dan seragam dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik karena luas permukaan yang semakin besar (He, et al., 2018). Metode sonikasi merupakan salah satu metode sintesis sederhana yang dapat diterapkan untuk membuat ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam adalah (Teh, et al., 2017).

Dari latar belakang tersebut, maka dalam riset ini dilakukan sintesis dan karakterisasi material fotokatalis komposit *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan metode sonikasi. Material yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan: (a) teknik difraksi sinar-X untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk, (b) *scanning electron microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel, dan (c) *ultraviolet-visible diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS) untuk mempelajari nilai energi celah pita. Adapun uji aktivitas fotokatalis dilakukan dalam proses degradasi metilen biru.

## Metode Penelitian

Prekursor  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  digunakan untuk sintesis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dengan metode reaksi keadaan padatan. Prekursor tersebut ditimbang sesuai perhitungan stoikiometri kemudian digerus di dalam mortar agate selama  $\pm 2$  jam dan selama penggerusan ditambahkan aseton. Selanjutnya, campuran dikalsinasi pada suhu bertingkat yaitu suhu 500, 600, 700, 800, dan 950 °C selama 8 jam. Sintesis  $\text{SrTiO}_3$  juga dilakukan dengan metode yang sama, dengan prekursor  $\text{SrCO}_3$  dan  $\text{TiO}_2$ .

Material komposit *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dibuat dengan cara mencampurkan  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{SrTiO}_3$  pada perbandingan mol 1/1, 1/2, 1/4, 1/6, kemudian ditambahkan 40 mL etanol dan 20 mL aquades sebagai pelarut. Campuran ini disonikasi selama 2 jam menggunakan *ultrasonic cleaning bath* (Branson Ultrasonics B3510-MT). Selanjutnya, sampel diuapkan dalam oven pada suhu 105 °C kemudian dikalsinasi pada suhu 800 °C.

Karakterisasi struktur material  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ,  $\text{SrTiO}_3$ , dan  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan difraksi sinar-X dilakukan pada  $2\theta$  ( $^\circ$ ): 10-90. Morfologi dan bentuk partikel material diidentifikasi dengan SEM, sedangkan energi celah pita diukur dengan menggunakan spektrometer UV-Vis DRS. Adapun uji aktivitas fotokatalitik dari sampel hasil sintesis dilakukan terhadap zat warna metilen biru menggunakan fotoreaktor buatan sendiri dengan lampu sinar ultra violet (UV) komersial. Sampel dan katalis dipaparkan dengan sinar UV selama 30 menit. Konsentrasi metilen biru yang digunakan adalah 10 ppm, dengan berat fotokatalis sebanyak 0,1 gram.

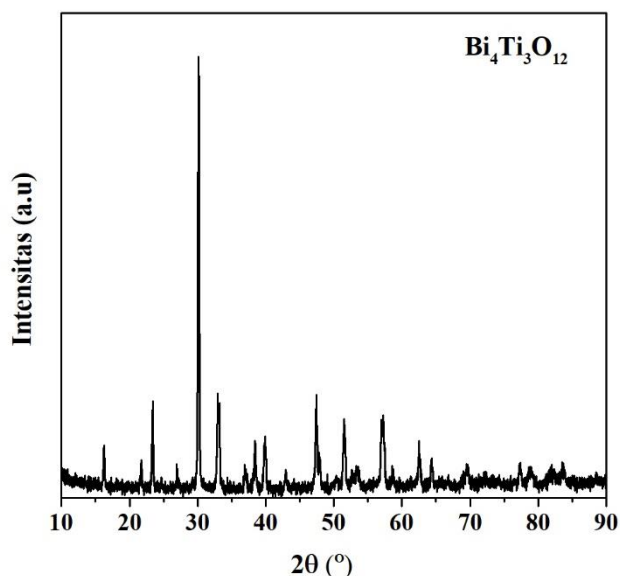
### Hasil dan Pembahasan

*Karakterisasi hasil sintesis menggunakan teknik difraksi sinar-X*

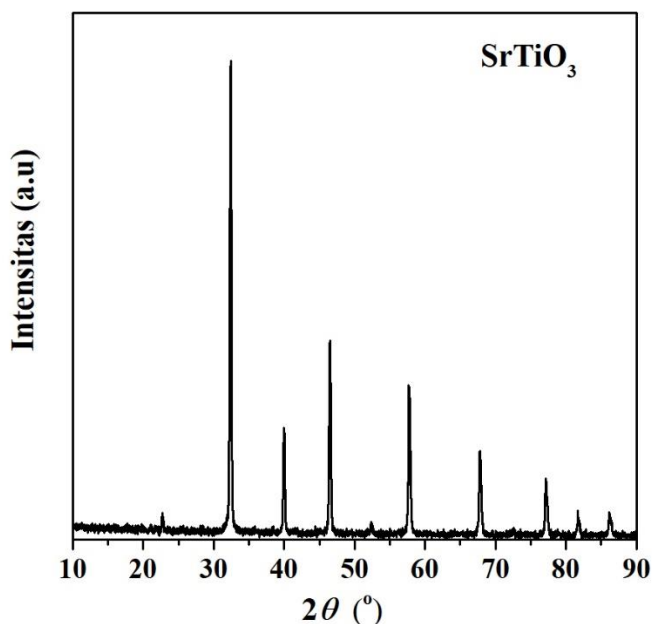
Pola difraksi sinar-X sampel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  disajikan pada Gambar 1. Hasil perbandingan dengan data standar XRD  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  pada *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) No. 24735 diperoleh kesesuaian. Puncak utama

$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  berada pada  $2\theta = 23,3^\circ$ ;  $30,1^\circ$ ;  $32,4,1^\circ$ ;  $39,7^\circ$ ;  $47,3^\circ$  dan  $57,2^\circ$  yang bersesuaian dengan bidang kristal ortorombik  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  pada (1 1 1), (1 7 1), (0 0 2), (2 8 0), (2 0 2) dan (1 7 3). Hal ini menunjukkan bahwa material  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  telah berhasil disintesis. Puncak difraksi senyawa pengotor tidak ditemukan pada pola difraksi sinar-X sampel yang mengindikasikan bahwa telah diperoleh sampel murni.

Pola difraksi sinar-X sampel  $\text{SrTiO}_3$  ditampilkan pada Gambar 2. Hasil perbandingan dengan data standar XRD  $\text{SrTiO}_3$  pada data ICSD No. 56718 menunjukkan adanya kesesuaian yang ditunjukkan dengan puncak-puncak utama pada  $2\theta = 22,8^\circ$ ;  $32,4^\circ$ ;  $46,5^\circ$  dan  $57,8^\circ$  yang berkorespondensi dengan bidang (1 0 0), (1 1 0), (2 0 0) dan (2 1 1) dari  $\text{SrTiO}_3$  berstruktur kubik. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel  $\text{SrTiO}_3$  telah terbentuk. Puncak difraksi senyawa pengotor juga tidak ditemukan yang menunjukkan bahwa sampel yang diperoleh adalah murni.



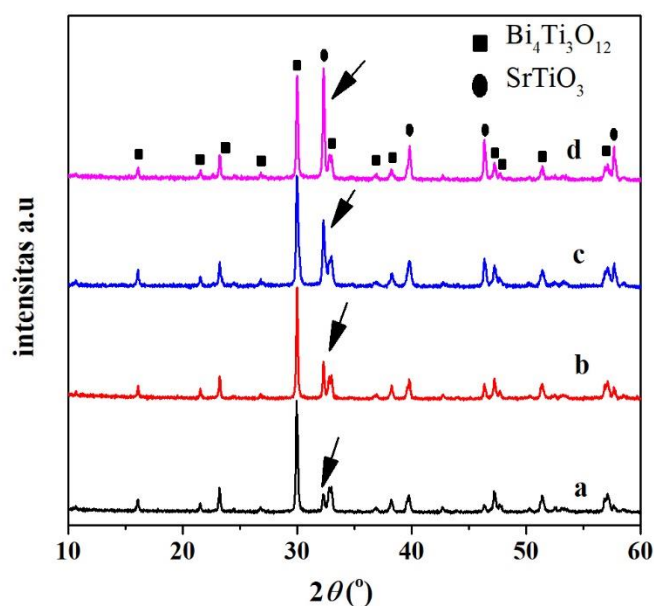
**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  hasil sintesis



**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X SrTiO<sub>3</sub> hasil sintesis

Material *heterojunction* Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> yang diperoleh dikarakterisasi dengan XRD dan pola difraksi sinar-X sampel ditampilkan pada Gambar 3. Identifikasi fasa senyawa yang terbentuk dilakukan dengan membandingkan sampel dengan dua standar, Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> (ICSD no. 24735) maupun SrTiO<sub>3</sub> (ICSD no. 56718). Hasil

identifikasi menunjukkan bahwa material *heterojunction* terdiri dari Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> dan SrTiO<sub>3</sub> serta tidak terdapat pengotor. Puncak utama dari sampel SrTiO<sub>3</sub> terletak pada  $2\theta = 32,4^\circ$ , dan dapat dilihat bahwa nilai intensitasnya semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kadar SrTiO<sub>3</sub> dalam material komposit *heterojunction* (ditunjukkan tanda panah pada Gambar 3).



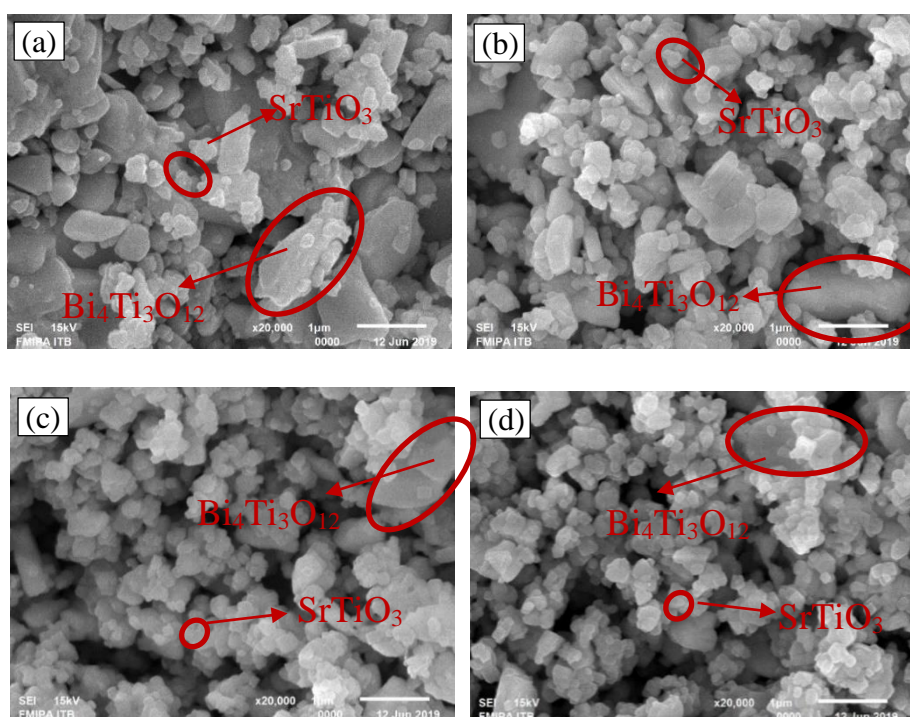
**Gambar 3.** Pola difraksi sinar-X komposit *heterojunction* Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> dengan metode sonikasi, dengan perbandingan mol: (a) 1/1, (b) 1/2, (c) 1/4, (d) 1/6. (Tanda panah

menunjukkan puncak utama dari sampel  $\text{SrTiO}_3$  yang terletak pada  $2\theta = 32,4^\circ$ . Intensitasnya semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kadar  $\text{SrTiO}_3$  dalam material komposit *heterojunction*).

#### Karakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Mikrograf hasil karakterisasi SEM material *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  ditampilkan pada Gambar 4 dan dapat dilihat bahwa ditemukan dua bentuk partikel yang khas yaitu (a) *irregular spherichal* dan (b) *plate-like*. Partikel berbentuk *irregular-spherical* identik

dengan bentuk material  $\text{SrTiO}_3$  (Zivojinovic, et al., 2015), sedangkan partikel *plate-like* menunjukkan bentuk khas dari  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . (Zhao et al., 2015; Januari, et al., 2020). Identifikasi jenis material berdasarkan bentuk partikel ditunjukkan tanda warna merah pada Gambar 4.



**Gambar 4** Citra SEM  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  pada perbesaran 7000x dengan perbandingan mol: (a) 1/1, (b) 1/2, (c) 1/4, dan (d) 1/6

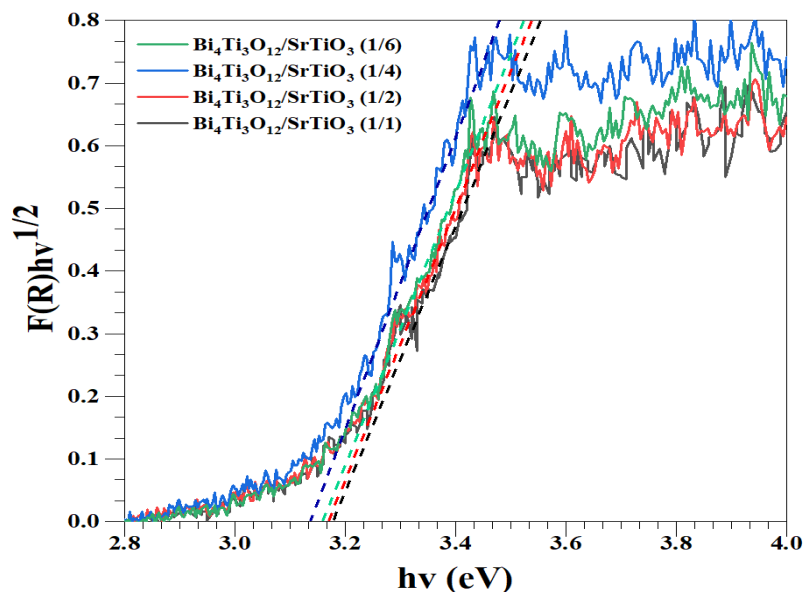
#### Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS

Perhitungan nilai energi celah pita dengan menggunakan data spektra DRS yang kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk. Plot Tauc persamaan Kubelka-Munk ditampilkan pada Gambar 5 dan nilai energi celah pita yang diperoleh dirangkum pada Tabel 1.

Dari nilai energi celah pita yang diperoleh diketahui bahwa nilai energi celah pita material *heterojunction* berada pada rentang nilai energi celah pita antara nilai energi celah pita  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan

$\text{SrTiO}_3$ . Hal ini menunjukkan bahwa sifat serapan cahaya pada komposit *heterojunction* merupakan perpaduan sifat serapan cahaya dari  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{SrTiO}_3$  yang dipengaruhi oleh konsentrasi komponennya. Hasil ini sejalan dengan nilai energi celah pita material komposit  $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  yang berada pada rentang nilai energi celah pita  $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  dan  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  (Qian, et al., 2017). Tabel 1 juga menunjukkan bahwa dengan penambahan senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  menyebabkan nilai energi celah pita  $\text{SrTiO}_3$  semakin kecil, sehingga

pembuatan material *heterojunction* berpotensi memperlebar daerah kerja senyawa SrTiO<sub>3</sub>.



**Gambar 5.** Plot Tauc spektra DRS Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub>

**Tabel 1.** Nilai energi celah pita dan nilai serapan panjang gelombang material Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub>

Material	Energi celah pita (eV)	Panjang gelombang (nm)
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (Agustina, <i>et.al.</i> , 2020)	2,91	426
SrTiO <sub>3</sub> (Chang & Shen, 2006)	3,26	381,79
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub> /SrTiO <sub>3</sub> (1/1)	3,178	390,44
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub> /SrTiO <sub>3</sub> (1/2)	3,170	391,43
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub> /SrTiO <sub>3</sub> (1/4)	3,137	395,54
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub> /SrTiO <sub>3</sub> (1/6)	3,160	392,67

#### *Pengujian Aktivitas Fotokatalis Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> terhadap Metilen Biru*

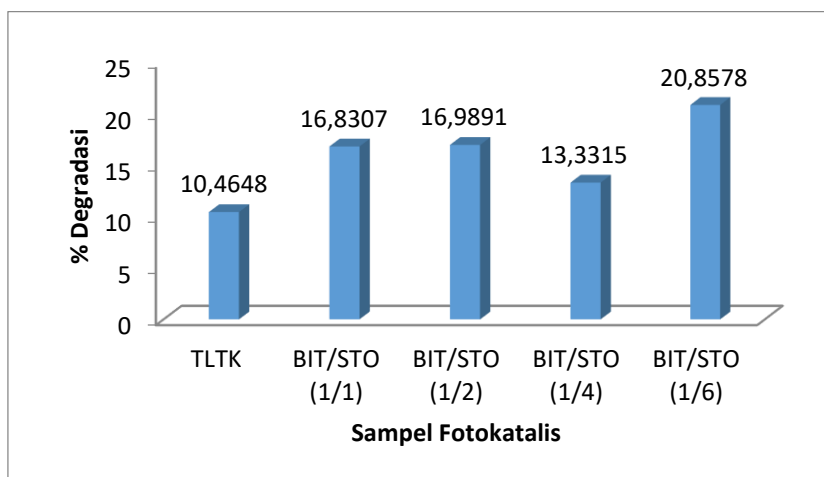
Fotokatalis hasil sintesis diuji aktivitasnya untuk reaksi degradasi metilen biru. Pengujian dilakukan di bawah sinar UV *blacklight* komersial selama 30 menit. Hasil uji dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 663,9 nm.

Berdasarkan grafik batang pada Gambar 6, dapat diketahui bahwa persen degradasi metilen biru menggunakan fotokatalis *heterojunction* lebih besar dibandingkan persen degradasi metilen biru dalam keadaan tanpa fotokatalis dan tanpa lampu UV. Fotokatalis

*heterojunction* Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> dengan komposisi (1/6) memiliki aktivitas fotokatalitik terbaik yang mampu menurunkan konsentrasi metilen biru hingga 20,8578%. Jika dikaitkan dengan data SEM dan XRD, maka aktivitas fotokatalitik Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> (1/6) yang lebih tinggi dibandingkan varian komposisi yang lain dimungkinkan karena semakin besar luas permukaan dan semakin tinggi intensitas puncak SrTiO<sub>3</sub> pada  $2\theta$  (32,4°) yang dimiliki oleh material *heterojunction* Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> (1/6). Selain itu, nilai energi *band gap* Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/SrTiO<sub>3</sub> (1/6) yang lebih kecil dibandingkan varian (1/1) dan (1/2) juga

berpotensi menjadi penyebab nilai persen degradasi yang lebih tinggi, karena dibutuhkan energi yang lebih kecil agar elektron dapat mengalami eksitasi dan menghasilkan *hole*. Dengan demikian semakin mempermudah tahapan reaksi reduksi-oksidasi pada material fotokatalis.

Hal ini sejalan dengan hasil riset Zhao, *et al.*, (2015) yang membuktikan bahwa material *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  hasil sintesisnya memiliki energi celah pita yang lebih rendah dan mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih bagus.



**Gambar 6.** Hasil uji aktivitas material fotokatalis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  terhadap metilen biru. (TLTK= tanpa lampu dan tanpa katalis, BIT =  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , STO =  $\text{SrTiO}_3$ )

Adapun untuk material *heterojunction*  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan komposisi (1/4) memiliki % degradasi terkecil yaitu sebesar 13,32,415% meskipun memiliki energi *band gap* yang paling rendah, sehingga diduga bahwa fakta tersebut adalah efek rekombinasi antara *hole* dan elektron yang dapat terjadi lebih cepat seiring dengan nilai energi *band gap* yang semakin kecil.

### Kesimpulan

Material fotokatalis komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{TiO}_2$  berhasil disintesis dengan metode sonikasi. Morfologi partikel  $\text{SrTiO}_3$  yang terbentuk berupa *irregular spherical* sedangkan untuk  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  berupa *plate-like*. Data DRS menunjukkan

bahwa nilai energi celah pita komposit berada pada nilai antara energi celah pita  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{SrTiO}_3$ . Material komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{TiO}_2$  (1/6) memiliki aktivitas fotokatalitik terbaik dengan persen degradasi terhadap metilen biru sebesar 20,8578%.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini adalah salah satu karya nominasi Babak Final Olimpiade Sains dan Karya Inovasi Perguruan Tinggi Keagamaan Islam (OSKI-PTKI) Mahasiswa 2019 sehingga memperoleh bantuan pembiayaan dari Kementerian Agama Republik Indonesia dalam pelaksanaan penelitiannya.



**Daftar Pustaka**

- Agustina, K. R., Suheriyanto, D., & Prasetyo, A. 2020. Sintesis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  Terdoping Vanadium dengan Metode Lelehan Garam Tunggal NaCl. *Jurnal Kartika Kimia*, 3 (1), 19-24.
- Chang, C. H., & Shen Y. H. 2006. Synthesis and characterization of chromium doped  $\text{SrTiO}_3$  photocatalyst. *Materials Letters*, 60 129–132.
- Gao, H., Yang, H., & Wang, S. 2018. Hydrothermal Synthesis, Growth Mechanism, Optical Properties and Photocatalytic Activity of Cubic  $\text{SrTiO}_3$  Particles for the Degradation of Cationic and Anionic Dyes. *Optik*, 175 237–49.
- Gu, D., Qin, Y., Wen, Y., Li, T., Qin, L., & Seo, H.J. 2017. Electronic Structure and Optical Properties of V-Doped  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  Nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 695 2224-2231.
- He, R., Xu, D., Cheng, B., Yu, J., & Ho, W. 2018. Review on nanoscale Bi-based photocatalysts. *Nanoscale Horizons*, 3, 464.
- Januari T., Aini N., Barroroh H., & Prasetyo A. 2020. The effect of synthesis time to particle size of  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  which synthesized using molten single salt NaCl method. *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*, 456: 012013.
- Qian K., Xia L., Wei W., Chen L., Jiang Z., Jing J., & Jimin X. 2017. Construction of  $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  composites with enhanced visible light photocatalytic activity. *Materials Letters*, 206, 245-248.
- Ruzimuradov, O., Nurmanov, S., Hojamberdiev, M., Prasad, R.M., Gurlo, A., Broetz, J., Nakanishi, K., & Riedel, R. 2014. Preparation and Characterization of Macroporous  $\text{TiO}_2\text{-SrTiO}_3$  Heterostructured Monolithic Photocatalyst. *Materials Letters*, 116 353-55.
- Teh, C.Y., Wu, T.Y., & Juan, C.J. 2017. An application of ultrasound technology in synthesis of titania-based photocatalyst for degrading pollutant. *Chemical Engineering Journal*, 317, 586-612.
- Yahya, N., Jamaludin, N.A., Mutalib, M.A., Ismail, A.F., Salleh, W.N.W., Jaafar, J., Yusof, N., & Ludin, N.A. 2018. A review of integrated photocatalyst adsorbents for wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(6) 7411-7425.
- Zhao, W., Wang, H., Feng, X., Jiang, W., Zhao, D., & Li, J. 2015. Hydrothermal Synthesis and Photocatalytic Activities of  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  Composite Micro-Platelets. *Materials Research Bulletin*, 70 179–83.
- Zivojinovic J, Pavlovic VP, Kosanovic D, Markovic S, Kristic J, Blagojevic VA, & Pavlovic VB. 2017. The influence of mechanical activation on structural evolution of nanocrystalline  $\text{SrTiO}_3$  powders. *Journal of Alloys and Compounds*, 695, 863-870.