

Sintesis TiO₂ terdoping Fe³⁺ untuk Degradasi Rhodamin B Secara Fotokatalisis dengan Bantuan Sinar Tampak

Eka Pratiwi, Harlia, Anthoni B. Aritonang*

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H.Hadari Nawawi, Pontianak

*Email : toniarios08@gmail.com

(Diterima 28 November 2019; Disetujui 28 Mei 2020; Dipublikasikan 16 September 2020)

Abstrak

Fotokatalis TiO₂ terdoping Fe³⁺ (Fe-TiO₂) telah disintesis dari titanium tetraisopropoksida (TTIP) serta Fe³⁺ dari Fe(NO₃)₃ dengan metode sol-gel. Doping Fe³⁺ bertujuan memperkecil energi celah pita (Eg) TiO₂ sehingga memperlebar serapan pada daerah sinar tampak. Karakterisasi Fe-TiO₂ dilakukan dengan metode spektrofotometri *diffuse reflectance* UV-Vis/DRS, *Fourier transform infrared* (FT-IR) dan *x-ray diffraction* (XRD). Aktivitas fotokatalisis Fe-TiO₂ diuji terhadap degradasi rhodamin B dengan bantuan iluminasi sinar tampak. Hasil pengukuran UV-Vis/DRS Fe-TiO₂ untuk variasi konsentrasi dopan Fe³⁺ 0,05 %, 0,125 %, dan 0,25 % memberikan nilai Eg berturut-turut 1,33 eV, 2,11 eV dan 2,53 eV. Karakterisasi spektrum FT-IR menunjukkan pita serapan baru pada bilangan gelombang 1.054 cm⁻¹ – 1.065 cm⁻¹ dari vibrasi Fe-O yang merupakan interaksi TiO₂ dengan Fe³⁺ dalam struktur TiO₂. Difraktogram TiO₂ diamati bergeser ke arah 2θ yang lebih kecil dan penurunan ukuran rata-rata kristalit serta jarak antar kisi semakin kecil, sebagai indikasi bahwa Fe³⁺ tersubstitusi pada struktur TiO₂. Uji aktivitas fotokatalisis Fe-TiO₂ dengan konsentrasi Fe³⁺ 0,05 %, 0,125 %, dan 0,25 % terhadap degradasi larutan rhodamin B (10 M), berturut-turut memberikan % terdegradasi sebesar 23,721 %, 25,605 %, dan 22,956 %. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa fotokatalis Fe-TiO₂ 0,125 %, sangat menjanjikan untuk mendegradasi polutan organik dengan bantuan sinar tampak dari matahari.

Kata kunci: degradasi, Fe-TiO₂, sol-gel, fotokatalisis, rhodamin B

1. Latar Belakang

Titanium dioksida (TiO₂) merupakan material semikonduktor yang digunakan untuk proses fotokatalisis karena memiliki stabilitas termal yang tinggi dan ramah lingkungan [1]. Proses fotokatalisis terjadi ketika permukaan TiO₂ diiluminasi dengan sinar *ultra violet* (UV) yang memiliki energi sama atau lebih besar dari energi celah pitanya. Oleh karena itu, akan terbentuk *photoelektron* (e⁻) yang tereksitasi ke pita konduksi sehingga pada pita valensi akan terbentuk *photohole* (h⁺). Interaksi h⁺ dengan molekul air menghasilkan radikal hidroksil (•OH), sedangkan interaksi (e⁻) dengan molekul oksigen akhirnya akan membentuk (•OH). Radikal OH yang terbentuk dapat berperan sebagai pendegradasi untuk polutan organik sehingga dapat mengurangi cemaran dalam air dengan hasil akhir yang ramah lingkungan yaitu CO₂ dan H₂O [2].

Titanium dioksida memiliki energi celah pita berkisar (3,0 – 3,2) eV yang setara dengan panjang gelombang sinar UV (< 380 nm) sehingga membatasi aplikasinya. Sinar UV yang sampai ke bumi hanya sekitar 5 % [3], sedangkan lebih dari 40 %

merupakan sinar tampak [4]. Beberapa upaya telah dilakukan untuk menggeser serapan ke arah sinar tampak dengan memperkecil energi celah pita menggunakan doping kation logam. Salah satu kation logam yang digunakan sebagai dopan yaitu Fe³⁺. Logam Fe³⁺ dapat digunakan sebagai dopan karena memiliki jari-jari ion sebesar 0,064 nm yang hampir sama dengan nilai jari-jari Ti⁴⁺ yaitu sebesar 0,068 nm sehingga Fe³⁺ akan lebih mudah mensubstitusi beberapa ion Ti⁴⁺ di dalam struktur TiO₂ [5]. Menurut penelitian Othman, *et al.*, [6], doping logam Fe³⁺ pada TiO₂ dapat menggeser serapan dari sinar UV ke sinar tampak, sehingga lebih efisien digunakan untuk proses fotokatalisis di lingkungan [6].

Fotokatalis yang telah dihasilkan kemudian diuji aktivitasnya terhadap degradasi larutan rhodamin B. Rhodamin B merupakan limbah di perairan yang dihasilkan dari pewarna tekstil. Limbah rhodamin B mengandung senyawa organik yang sulit terurai melalui proses biologi dan dapat mengakibatkan sumber penyakit di lingkungan yang bersifat karsinogenik dan mutagenik [7].

Pada penelitian ini, akan dilakukan sintesis Fe-TiO₂ menggunakan metode sol-gel. Studi pada

penelitian ini difokuskan pada perbandingan komposisi persentase dopan Fe^{3+} dalam TiO_2 serta kemampuan mendegradasi rhodamin B secara fotokatalisis.

2. Metodologi

2.A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu batang pengaduk, botol semprot, gelas beaker, gelas ukur, hotplate, kondensor, labu leher tiga, labu ukur, lampu *Light Emitting Diode* (LED 20 W), magnetik stirrer, oven, penggerus porselen, pH universal, pipa air, pipet volume, pipet tetes, pompa air, statif, stopwatch, spatula. Peralatan analisis seperti, *Fourier transform infrared* (FT-IR) Shimadzu IR Prestige-21, *spektrofotometer ultraviolet-visible* (UV-Vis) Shimadzu UV-1280, *ultraviolet-visible diffuse reflectance spectrophotometry* (UV - Vis/DRS) Agilent Cary 60, dan *x-ray diffraction* (XRD) Shimadzu 7000. Bahan yang digunakan yaitu akuabides, asam asetat (CH_3COOH ; Merck), asetilaseton (Merck), besi(III)nitrat ($Fe(NO_3)_3$) Sigma Aldrich, etanol (C_2H_5OH ; 99 %, Merck), titanium tetraisopropoksida (TTIP; 97 %, Sigma Aldrich), rhodamin B (Sigma Aldrich).

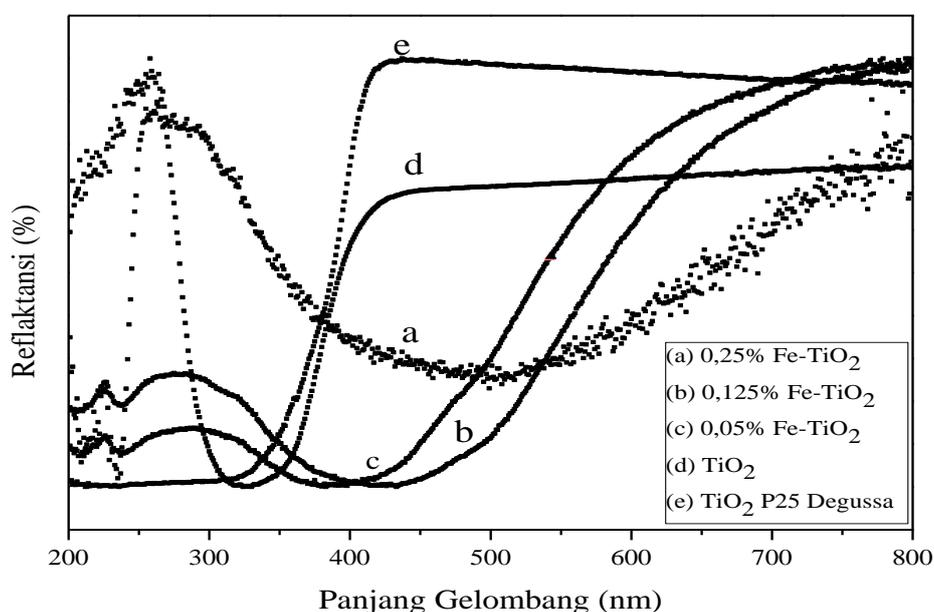
2.B Prosedur Kerja

Sintesis dilakukan dengan memodifikasi metode Yang, *et al.*, [8]. Sintesis diawali preparasi $Fe-Ti(OH)_n$ dengan metode sol-gel. Sol dibuat dengan mencampurkan larutan I kedalam larutan II. Larutan I terdiri dari 2 ml asam asetat, 2 ml akuabides dan 26,5 mL etanol. Larutan II terdiri

dari 7,5 mL TTIP (0,025 mol) dan 26,5 mL etanol yang dimasukkan kedalam labu refluks. Larutan II diaduk, kemudian ditambahkan 1 mL asetilaseton. Larutan I ditambahkan secara perlahan ke dalam larutan II kemudian ditambahkan $Fe(NO_3)_3$ (0,05; 0,125; 0,25 % b/v) masing-masing, $8,104 \times 10^{-5}$ mol, $2,026 \times 10^{-4}$ mol, $4,052 \times 10^{-4}$ mol, berturut-turut. Proses refluks dilakukan selama 2 jam pada suhu $55^\circ C$. Campuran didiamkan hingga diperoleh gel $Fe-Ti(OH)_n$, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu $80^\circ C$. Serbuk yang terbentuk dikalsinasi pada suhu $450^\circ C$ selama 3 jam [8]. $Ti(OH)_n$ kontrol dibuat dengan perlakuan yang sama tanpa penambahan $Fe(NO_3)_3$. Kristal $Fe-TiO_2$ dan TiO_2 dianalisis menggunakan FT-IR, UV-Vis/DRS dan XRD untuk mengetahui karakteristiknya.

2.C Uji Aktivitas

Uji aktivitas terhadap rhodamin B dilakukan secara fotokatalisis. Reaktor ditambahkan masing-masing katalis dari TiO_2 , (0,25 %, 0,125 %, 0,05 % $Fe-TiO_2$) sebanyak 0,03 gram. Reaktor yang telah terisi katalis kemudian diisi 30 mL larutan rhodamin B konsentrasi 10 M. Reaktor yang berisi katalis dan larutan rhodamin B diiluminasi dengan sinar tampak sambil diaduk selama 3 jam. Kontrol fotolisis dilakukan tanpa katalis hanya diiluminasi sinar tampak yang dilakukan dengan prosedur yang sama. Kontrol Adsorpsi atau tanpa iluminasi sinar tampak dan hanya penambahan katalis dilakukan dengan prosedur yang sama. Penurunan konsentrasi rhodamin B diukur absorbansinya



Gambar 1. Spektrum reflektansi TiO_2 dan $Fe-TiO_2$ variasi konsentrasi Fe^{3+} .

berdasarkan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) 553 nm. Pengukuran dilakukan setiap 20 menit menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3. Hasil dan Pembahasan

Sintesis Fe-TiO₂ dilakukan menggunakan metode sol gel karena dapat menghasilkan material dengan homogenitas tinggi [9]. Sintesis TiO₂ diawali dengan pembuatan sol Ti(OH)_n menggunakan prekursor titanium tetra isopropoksida (TTIP) yang dilarutkan dalam etanol dan dihidrolisis oleh akuabides [10] dengan bantuan katalis asam asetat [11]. Prekursor TTIP bersifat higroskopis yang mudah bereaksi dengan molekul air sehingga akan mudah terbentuk aglomerat atau partikel yang berukuran besar, oleh karena itu perlu penambahan asetilaseton [12]. Tahap hidrolisis terjadi saat penambahan akuabides saat proses refluks dengan suhu 55°C. Penggunaan suhu tersebut agar etanol tidak mengalami penguapan sehingga proses hidrolisis terjadi secara maksimal.

Sol Fe-Ti(OH)_n yang telah melalui tahap kondensasi dan *aging* dikeringkan menggunakan oven pada suhu ± 80 °C. Fe-Ti(OH)_n yang dihasilkan memiliki susunan kristal yang amorf sehingga diperlukan proses kalsinasi pada suhu ± 450 °C untuk membentuk kristal Fe-TiO₂ dengan susunan kristal yang teratur. Pembentukan kristal terjadi karena adanya kompetisi antara kation Ti⁴⁺ dan kation Fe³⁺ untuk berikatan dengan atom O, serta terjadi pertumbuhan kristal secara simultan

membentuk TiO₂ terdoping Fe³⁺ [3]. Hasil sintesis berupa kristal berwarna putih (TiO₂) dan berwarna kekuningan (Fe-TiO₂), kristal tersebut dikarakteristik dengan UV-Vis/DRS, FT-IR, XRD.

3.A. Karakterisasi

a. Spektrofotometer UV-Vis/DRS

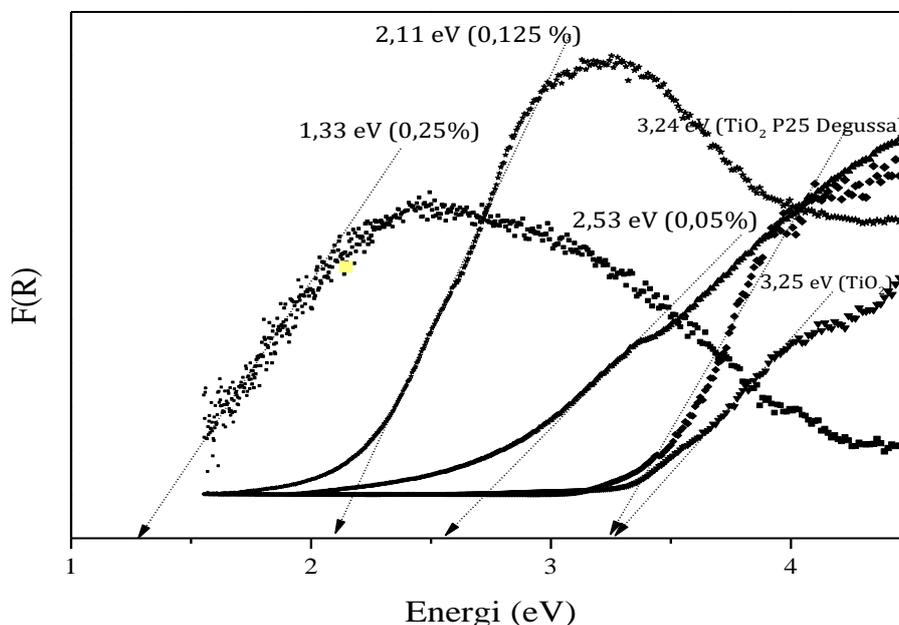
Spektrum UV-Vis/DRS terjadi pada rentang 200-800 nm untuk TiO₂ dan Fe-TiO₂ dengan variasi konsentrasi dopan 0,05 %, 0,125 %, 0,25 %. Analisis UV-Vis/DRS dilakukan untuk mengetahui sifat optik dari katalis berupa celah pita dan panjang gelombang serapan. Panjang gelombang serapan ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa TiO₂ dan TiO₂ P₂₅ Degussa memiliki serapan di daerah sinar UV ($\lambda \leq 400$ nm). Doping Fe³⁺ pada struktur TiO₂ menyebabkan pergeseran puncak serapan ke arah panjang gelombang yang lebih panjang (pergeseran merah). Pertambahan konsentrasi Fe³⁺, mengakibatkan jumlah foton sinar tampak ($\lambda = 400 - 600$ nm) yang diserap semakin banyak [6].

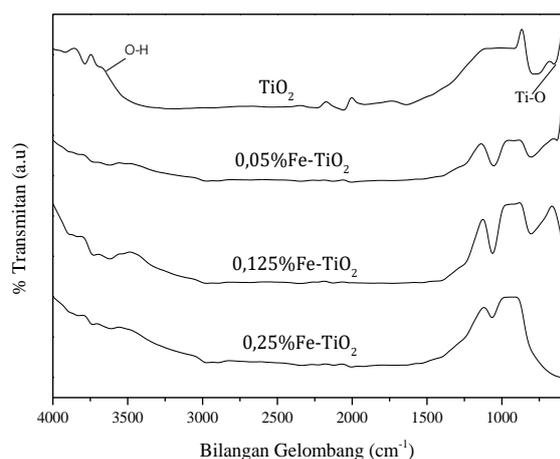
Energi celah pita dihitung menggunakan persamaan Kubelka-Munk sehingga diperoleh nilai F(R) dan energi (eV), adapun persamaannya yaitu [5]:

$$F(R) = \frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (1)$$

Pada persamaan tersebut, F(R) adalah faktor Kubelka-Munk dan R adalah persentasi reflektansi yang diukur, K adalah koefisien absorpsi dan S



Gambar 2. Perbandingan energi celah pita TiO₂ dan Fe-TiO₂



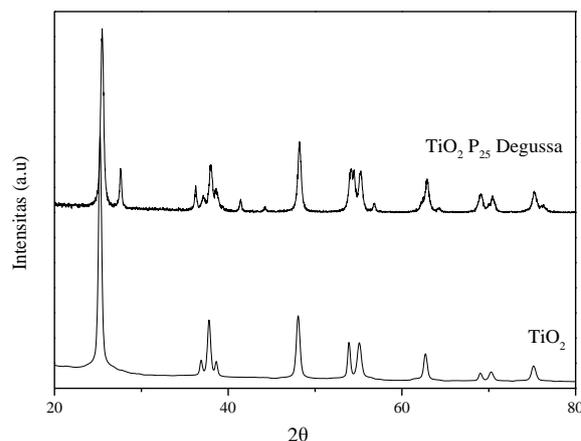
Gambar 3. Perbandingan spektrum FT-IR TiO₂ murni dan Fe-TiO₂.

adalah koefisien *scattering*. Dari persamaan (1), diperoleh energi celah pita yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa nilai E_g TiO₂ hasil sintesis mirip dengan TiO₂ P₂₅ degussa, yakni masing-masing 3,25 dan 3,24 eV. Menurut Linsebigler, *et al.*, [13] material TiO₂ memiliki energi celah pita sebesar 3,0-3,3 eV [13]. Doping Fe³⁺ konsentrasi 0,05 %, 0,125 %, dan 0,25 % memiliki nilai E_g berturut-turut 2,53 eV, 2,11 eV dan 1,33 eV. Penurunan nilai E_g seiring bertambahnya konsentrasi dopan Fe³⁺, hal ini disebabkan semakin banyak Fe³⁺ yang mensubstitusi Ti⁴⁺ dalam struktur TiO₂. Konsentrasi 0,125 % memiliki E_g yang relatif lebih kecil daripada 0,05 % sehingga energi yang diperlukan untuk e-tereksitasi ke pita konduksi lebih kecil sehingga aktivitas fotokatalisisnya akan meningkat. Pada konsentrasi 0,25 %, E_g sebesar 1,33 eV. Menurut Othman, *et al.*, [6] apabila konsentrasi Fe³⁺ melebihi jumlah optimum dan menghasilkan energi celah pita yang lebih kecil ($\leq 2,00$ eV) maka akan menurunkan aktivitas fotokatalisisnya [6]. Berdasarkan hasil pengukuran UV-Vis/DRS dapat disimpulkan bahwa TiO₂ doping Fe³⁺ konsentrasi 0,125 % dapat meningkatkan kemampuan TiO₂ dalam menyerap foton sinar tampak karena memiliki nilai E_g 2,11 eV atau setara dengan panjang gelombang diatas 380 nm.

b. Spektrofotometer FT-IR

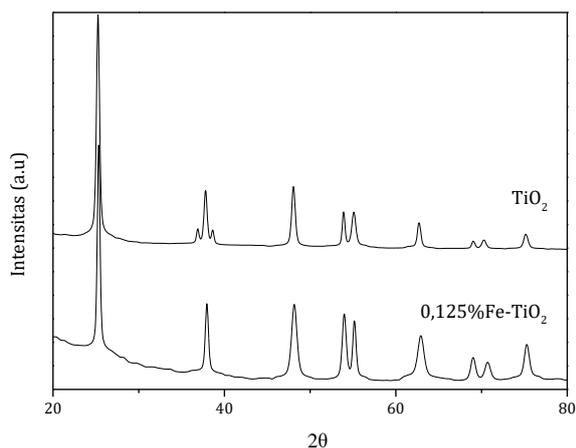
Spektrum FT-IR dari TiO₂ murni dan Fe-TiO₂ dengan variasi konsentrasi dopan Fe³⁺ ditampilkan pada Gambar 4. Gambar 5 memperlihatkan puncak serapan dari TiO₂ murni dan Fe-TiO₂ pada bilangan gelombang 3610 cm⁻¹ – 3786 cm⁻¹, merupakan



Gambar 4. Perbandingan difraktogram TiO₂, dan TiO₂ P₂₅ Degussa.

vibrasi ulur gugus hidroksil [14]. Spektrum TiO₂ diamati puncak serapan pada bilangan gelombang 602 cm⁻¹ dan 786 cm⁻¹ merupakan vibrasi Ti-O [15,16]. Substitusi dopan Fe³⁺ pada struktur TiO₂ menyebabkan muncul puncak serapan baru dari vibrasi Fe-O [17,18] yang terjadi pada bilangan gelombang 1054 cm⁻¹ – 1065 cm⁻¹ [19,20]. Variasi konsentrasi Fe³⁺ 0,05 % dan 0,125 % diamati puncak serapan pada bilangan gelombang 631 cm⁻¹ dan 602 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi Ti-O bergeser ke arah bilangan gelombang lebih kecil sesuai dengan yang dilaporkan Wang dan Li [21]. Dopan Fe³⁺ telah bergabung ke dalam struktur TiO₂ membentuk ikatan Fe-Ti-O menyebabkan peningkatan kerapatan elektron di sekitar Ti-O, sehingga mempermudah terjadinya vibrasi Ti-O. Penambahan Fe³⁺ pada konsentrasi 0,25 %, diamati puncak serapan vibrasi Fe-O bergeser ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi, sedangkan puncak serapan dari Ti-O tidak teramati. Puncak serapan Fe-O yang terbentuk cenderung melebar yang merupakan indikasi distorsi struktur kristal Fe-TiO₂ sehingga puncak serapan dari vibrasi Ti-O tertutupi. Wang *et al.* [9] mengemukakan bahwa penggunaan dopan Fe³⁺ berlebih dapat memperbesar ukuran partikel sehingga menurunkan aktifitas fotokatalisisnya. Hasil FT-IR bersesuaian dengan hasil analisis UV-Vis/DRS, Fe-TiO₂ 0,25 % memiliki energi celah pita yang rendah (1,33 eV) sedangkan Fe-TiO₂ 0,125 % adalah (2,11 eV). Othman, *et al.*, [6] mengemukakan bahwa apabila konsentrasi Fe³⁺ melebihi jumlah optimum dan energi celah pita yang lebih kecil ($\leq 2,00$ eV) akan menurunkan aktivitas fotokatalisisnya. Pada penelitian ini, diharapkan Fe-TiO₂ 0,125 % memiliki aktivitas fotokatalisis yang tinggi.

c. X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 5. Difraktogram TiO₂, Fe-TiO₂ 0,125%.

Difraksi sinar-x adalah metode analisis untuk menentukan fasa kristal, ukuran kristal serta jarak antar kisi. Perbandingan difraktogram TiO₂ hasil sintesis dengan standar TiO₂ P25 Degussa ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi kemiripan antara TiO₂ dan TiO₂ P₂₅ Degussa yaitu pada kisaran 2θ 25°, 37°, dan 48°. Tiga puncak tertinggi ini mengindikasikan TiO₂ memiliki fasa *anatase* yang sesuai dengan JCPDS No. 01-075-8897. Difraktogram TiO₂ dan Fe-TiO₂ 0,125 %, ditampilkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa doping Fe³⁺ tidak mengubah struktur fasa kristal pada TiO₂. Puncak difraktogram XRD TiO₂ pada posisi 2θ 39° memiliki 2 puncak rendah sebagai indikasi adanya kristal dengan fasa rutil. Sedangkan pada Fe-TiO₂ fasa kristal anatase dan tidak diamati fasa rutil.

Puncak Fe³⁺ tidak teramati pada difraktogram, hal ini diperkirakan karena konsentrasi Fe³⁺ yang digunakan terlalu kecil. Bergabungnya Fe³⁺ kedalam struktur kristal TiO₂ menyebabkan pergeseran puncak difraksi ke arah 2θ lebih besar. Hal ini disebabkan perubahan (d) sebagai indikasi perubahan jarak antar kisi kristal [22]. Data 2θ dan jarak antar kisi (d) dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil

Tabel 1. Data difraktogram XRD TiO₂ dan Fe-TiO₂

Material	2θ	d (nm)	D (nm)
TiO ₂	25,2270	0,260	19,77
	37,7686		
	48,0159		
Fe-TiO ₂	25,3036	0,259	18,47
	37,9223		
	48,1085		

perhitungan ukuran kristalit dengan menghitung tiga puncak difraktogram tertinggi berdasarkan persamaan Debye-Scherrer, D [5],

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta}, \quad (2)$$

dengan λ adalah panjang gelombang x-ray (1,54060 Å), β adalah lebar setengah puncak maksimum (FWHM), θ adalah sudut difraksi (derajat).

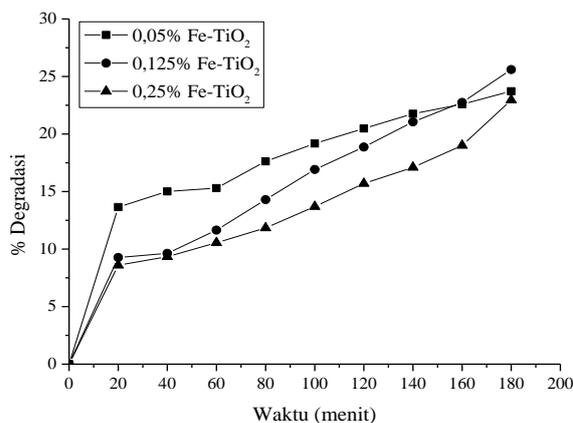
Hasil perhitungan ukuran kristalit, D, juga mengindikasikan adanya Fe³⁺ karena terjadinya penurunan ukuran akibat dari menurunnya keteraturan dari kisi kristal. Hal ini karena Fe³⁺ dapat memperlambat pertumbuhan TiO₂ yang disebabkan perbedaan jari-jari ion Fe³⁺ dengan Ti⁴⁺ akan menghasilkan beberapa derajat deformasi kisi [6].

3.B. Uji Aktivitas Degradasi Rhodamin B

a. Perbandingan Aktivitas Fotokatalis Fe-TiO₂ Variasi Konsentrasi Dopan Fe³⁺

Fotokatalis Fe-TiO₂ dengan variasi konsentrasi dopan Fe³⁺ yaitu 0,05 %, 0,125 %, dan 0,25 % dilakukan uji aktivitas fotokatalisisnya terhadap degradasi rhodamin B 10 M. Degradasi senyawa rhodamin B dianalisa melalui perubahan warna (*decolorisasi*) dengan cara pengukuran absorbansi spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran absorbansi selanjutnya digunakan untuk analisis % degradasi rhodamin B.

Gambar 6 memperlihatkan % rhodamin B terdegradasi meningkat hingga menit ke-180 menggunakan fotokatalis Fe-TiO₂. Persentase rhodamin B terdegradasi menggunakan Fe-TiO₂ pada variasi konsentrasi dopan Fe³⁺ 0,05%, 0,125 %, dan 0,25 % selama 180 menit berturut-turut adalah 23,721 %, 25,605 %, 22,956 %. Fotokatalis Fe-TiO₂ 0,05% memperlihatkan aktivitas foto-



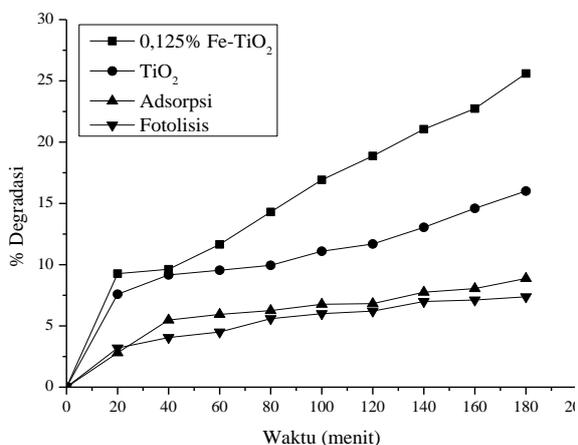
Gambar 6. Hubungan % degradasi rhodamin B terhadap waktu menggunakan Fe-TiO₂.

katalisis mencapai optimum pada menit ke-180, sedangkan Fe-TiO₂ 0,125 % dan 0,25 % cenderung meningkat. Aktivitas fotokatalisis tertinggi diamati pada Fe-TiO₂ 0,125 %. Tingginya aktivitas dari 0,125 % daripada 0,05 % dikarenakan pada konsentrasi 0,125 % memiliki Eg 2,11 eV lebih kecil daripada Fe-TiO₂ 0,05 % yaitu 2,53 eV, sehingga energi yang diperlukan untuk eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi lebih kecil. Akibatnya, proses fotokatalisis degradasi rhodamin B lebih mudah terjadi. Sedangkan Fe-TiO₂ 0,25 % memiliki aktivitas fotokatalisis lebih rendah dibanding 0,125 %, akibat semakin kecilnya energi celah pita ($\leq 2,00$ eV) [6] dan dapat mengurangi situs pembawa muatan yang dihasilkan foton untuk mencapai permukaan karena ditutupi oleh Fe³⁺ sehingga mengurangi situs aktif yang dibutuhkan untuk berlangsungnya proses fotokatalisis [23].

b. Perbandingan Fotokatalisis Fe-TiO₂ dengan Kontrol, Fotolisis, Adsorpsi

Gambar 7 menunjukkan bahwa fotokatalis Fe-TiO₂ 0,125 % memiliki aktivitas degradasi paling tinggi dibandingkan dengan kontrol fotokatalis TiO₂, fotolisis dan adsorpsi.

Persen degradasi rhodamin B semakin meningkat seiring dengan pertambahan waktu iluminasi selama 180 menit. Fotokatalis TiO₂ pada umumnya tidak dapat diaktifkan oleh sinar tampak. Namun, pada penelitian ini, diamati aktivitas fotokatalisisnya terhadap degradasi rhodamin B (16,005 %), meskipun masih lebih rendah dibandingkan dengan Fe-TiO₂ 0,125 %. Aktivitas tersebut kemungkinan lampu yang digunakan sebagai sumber cahaya sinar tampak masih mengandung sinar UV sehingga dapat mengaktifkan fotokatalis TiO₂.



Gambar 7. Perbandingan aktivitas antara Fe-TiO₂ 0,125% dan kontrol.

Kontrol proses fotolisis dan adsorpsi memberikan % degradasi relatif terendah yakni 7,372 % dan 8,876 %. Dapat disimpulkan bahwa Fe-TiO₂ 0,125 % secara fotokatalisis memiliki aktivitas degradasi rhodamin B tertinggi sebesar 25,605 % dikarenakan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap energi foton pada daerah sinar tampak untuk menginisiasi fotokatalisis degradasi rhodamin B.

4. Kesimpulan

Fotokatalis Fe-TiO₂ telah disintesis menggunakan metode sol-gel, dengan variasi konsentrasi Fe³⁺ 0,05 %; 0,125 % dan 0,25 % yang memiliki Eg berturut-turut 2,53 eV; 2,11 eV dan 1,33 eV. Puncak serapan baru pada bilangan gelombang 1.054 cm⁻¹ -1.065 cm⁻¹ merupakan indikasi terbentuknya ikatan Fe-O. Substitusi Fe³⁺ pada struktur TiO₂ menyebabkan pergeseran puncak serapan UV-Vis/DRS vibrasi Ti-O, ke daerah panjang gelombang yang lebih pendek dan didukung oleh data difraktogram XRD bergeser ke arah 2θ yang lebih kecil serta penurunan ukuran rata-rata kristalit serta jarak antar kisi semakin kecil. Aktivitas fotokatalisis Fe-TiO₂ pada konsentrasi Fe³⁺ 0,05 %; 0,125 % dan 0,25 % dengan bantuan iluminasi sinar tampak terhadap degradasi larutan rhodamin B (10 M), berturut-turut memberikan % degradasi sebesar 23,721 %, 25,605 %, dan 22,956 %.

Daftar Pustaka

- [1] Dastan, Davound., N.B.Chaure., Influence of Surfactants On TiO₂ Nanoparticles Gown by Sol-Gel Technique, International Journal Of Materials, Mechanics and Manufacturing, 2(1), pp.21-34, 2014.
- [2] Aritonang, A.B., Surahman, H., Krisnandi, Y.K and Gunlazuardi, J., Photo-electro-catalytic Performance of Highly Ordered Nitrogen doped TiO₂Nanotubes Array Photoanode, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 172 012005, pp.1-10, 2017.
- [3] Aritonang, A.B., Krisnandi, Y.K. and Gunlazuardi, J., Modification of TiO₂ Nanotube Arrays with N Doping and Ag Decorating for Enhanced Visible Light Photoelectrocatalytic Degradation of Methylene Blue, International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, 8(1), pp. 234-241, 2018
- [4] Sun,X., Liu,H., Dong,J., Wei,J., dan Zhang, Y, Preparation and Characterization Of Ce/N-Codoped TiO₂, Particles For Production of H₂ by Photocatalytic Splitting Water, Under

- Visible Light, Catal.Lett, (135), pp. 219-225, 2010.
- [5] Marami, M., Farahmandjou, M., Khoshnevisan., Sol-gel Synthesis Of Fe-Doped TiO₂ Nanocrystals, Journal of Electronic Materials, pp. 1-8, 2018
- [6] Othman. H. S., Rashid. A. S., Ghazi M. I., Abdullah N., , Fe-Doped TiO₂ Nanoparticles Produced via MOCVD: Synthesis, Characterization and Photocatalytic Activity, Jurnal Of Nanomaterials, (10), pp. 1-8. 2011.
- [7] Sa'adah, N., Hastuti, Rum., & Prasetya, N.B.A., Pengaruh Asam Formiat Pada Bulu Ayam sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Larutan Zat Warna Tekstil Remazol Golden Yellow RNL, Chem Info, 1(1), pp. 202-209, 2013
- [8] Yang, J., Bai, H., Jiang, Q., and Lian, J., Visible-light Photocatalysis in Nitrogen-Carbon-Doped TiO₂ Films Obtained by Heating TiO₂ Gel-Film In An Ionized N₂ Gas, Elsevier, 5(16), pp. 1736-1742, 2008
- [9] Wang, XH., Li, JG., Kamiyama, H., Moriyoshi, Y., and Ishigaki, T., Wavelength-Sensitive Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous Suspension over Iron(III)-doped TiO₂ Nanopowders under UV and Visible Light Irradiation, J. Phys. Chem. B, 110, pp. 6804-6809, 2006.
- [10] Khafifudin, B., Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Anatas Dengan Metode Sonikasi Variasi Suhu Dan Waktu Kalsinasi, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi., Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2017.
- [11] Gupta, S.M., Tripathi, M., A Review On The Synthesis Of TiO₂ Nanoparticle by Solution Route, Cent.Eur. J.Chem, 10(2), pp. 279-294, 2015
- [12] Hidayat, S., Sintesis Material Photovoltaic SiO₂-TiO₂ Melalui Proses Sol-Gel Dengan Pengontrol Hidrolisis Asetil Asetonat, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam., Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2005.
- [13] Linsebigler A L, Lu G, & J. T. Yates., Photocatalysis on TiO₂ surfaces: Principles, mechanisms, and selected results, Chem Rev, 95(3), pp. 735- 758, 1995.
- [14] Komalasari, M., Sunendar, B., Penggunaan TiO₂ Partikel Nanohasil Sintesis Berbasis Air Menggunakan Metoda Sol-Gel pada Bahan Kapas Sebagai Aplikasi Untuk Tekstil Anti UV, Jurnal Ilmiah Arena Tekstil, 28(1), pp. 16-21, 2013.
- [15] Ali, T., Tripathi, T., Azam, A., Raza, W. Ahmed, A., Muneer, M., Photocatalytic Performance of Fe-Doped TiO₂ Nanoparticles Under Visible Light Irradiation, Material Research Express, (4) 015022, pp. 1-12, 2016
- [16] Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A., Sunaryono, S., Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel, Journal of physical Science And Engineering, (3), pp. 8-15, 2018.
- [17] Zhang, T., Zhao, N., Li, J., Gong, H.; An, T., Thermal Behavior of Nano Fe₂SO₃ with three morphologies, The Royal Society of Chemistry, (7), pp. 23583-23590, 2017.
- [18] Natamoto, K., Infrared and Raman Spectra Of Inorganic and Coordination Coumpounds, 6nd ed., Willey, pp. 150-155, 2008.
- [19] Srinivasulu, T., Saritha, K., Reddy, K.T., Synthesis and Characterization of Fe-Doped ZnO Thin Film Deposited by Chemical Spray Pyrolysis, Modern Electronic Materials, (3), pp 76-85, 2017.
- [20] Anku, W.W., Oppong, S. Osei Bonsu., Shukla, S. K., Govender, P.G., Comparative Photocatalytic Degradation of Monoazo and Diazo Under Simulated Visible Light Using Fe³⁺/C/S doped-TiO₂ Nanoparticles, Acta Chim, (63), pp. 380-391, 2016.
- [21] Wang, C and Li, Y., Synthesis, Characterization and Photocatalytic Activity of natural zeolite supported Fe/S and Cr/S Codoped nano TiO₂ Photocatalysts, Materials Technology Advaced Performance Materials, 29(6), pp. 372-376, 2014.
- [22] Zahriyani, N.I., Pengaruh Konsentrasi Garam FeCl₃.6H₂O Pada Karakter Fe-Doped Titanium Dioksida Hasil Sintesis Dengan metode Sol-Gel, Jurusan Kimia., Universitas Gadjah Mada, 2014.
- [23] Moradi, V., Jun, Martin B.G., Blackburn., Herring, R., Significant Improvement in Visible Light Photocatalytic Activity of Fe doped TiO₂ Using an Acid Treatment Process, S0169-4332(17), pp. 1-36, 2017.