



Studi dan Aplikasi Elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ untuk Degradasi *Reactive Blue 160* dengan Metode Fotoelektrokatalisis

[Study and Application of Photoelectrocatalytic $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ Electrode to High-Degradation of *Reactive Blue 160*]

Thamrin Azis^{1*}, Maulidiyah Maulidiyah¹, Muhammad Nurdin¹, Muh. Zakir Muzakkar¹, Ratna¹, La Ode Abd Kadir¹, Viesta Valentin Octavian¹, T Nurwahida³, C Bijang², Haris W¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Halu Oleo, Kendari 93232, Southeast Sulawesi, Indonesia

²Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Patimura,

³Program Studi S1 Farmasi, STIKES Al-Irsyad Al-Islamiyyah, Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia

Abstract. The manufacture of titanium dioxide (TiO_2) electrodes is made by anodizing method and coated with ilmenite (FeTiO_3) through a dip-coating technique. The ilmenite (FeTiO_3) coated TiO_2/Ti plate electrode was developed for the degradation of the reactive blue 160 dye under photoelectrocatalytic UV and Visible light irradiation. The performance of $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ composites degrades reactive blue 160 under UV irradiation and is visible photoelectrocatalytically compared to TiO_2 . The results of XRD characterization of TiO_2 crystals in the form of anatase at 2θ , namely 35.1° (110), and the substitution of Fe dopant on TiO_2 in the form of anatase and rutile crystals. FTIR data indicated the presence of Fe-O bonds at wave numbers <700 nm. SEM-EDX results showed a thin layer of FeTiO_3 was formed, indicating that the dip-coating method was effective in the coating process. The performance of the $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ electrode has the highest activity against the oxidation process under visible light than the TiO_2/Ti electrode. The results of degradation of reactive blue 160 dye with a concentration of 0.5 ppm by photoelectrocatalytic showed that the TiO_2/Ti and $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ electrodes were active in visible irradiation with degradation rate constants of 48% and 69%.

Keywords: *Electrodes, ilmenite, TiO_2/Ti , degradation, reactive blue 160, photoelectrocatalysis*

Abstrak. Pembuatan elektroda titanium dioksida (TiO_2) dibuat dengan metode anodizing dan dilapisi dengan ilmenite (FeTiO_3) melalui teknik dip-coating. Elektroda plat TiO_2/Ti terlapis ilmenite (FeTiO_3) dikembangkan untuk degradasi zat warna *reactive blue 160* dibawah iradiasi cahaya UV dan Visible secara fotoelektrokatalisis. Kinerja komposit $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ mendegradasi *reactive blue 160* dibawah iradiasi sinar UV dan Visibel secara fotoelektrokatalisis dibandingkan dengan TiO_2 . Hasil karakterisasi XRD kristal TiO_2 yang berbentuk anatase pada 2θ yaitu $35,1^\circ$ (110) dan substitusi dopan Fe pada TiO_2 berbentuk kristal anatase dan *rutile*. Data FTIR diindikasikan adanya ikatan Fe-O pada bilangan gelombang <700 nm. Hasil SEM-EDX menunjukkan terbentuk lapisan tipis FeTiO_3 menandakan metode dip-coating efektif dalam proses pelapisan. Kinerja elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ memiliki aktivitas tertinggi terhadap proses oksidasi di bawah cahaya tampak dibandingkan elektroda TiO_2/Ti . Hasil degradasi pewarna *reactive blue 160* konsentrasi 0,5 ppm secara fotoelektrokatalisis menunjukkan elektroda TiO_2/Ti dan $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ aktif pada iradiasi visibel dengan konstanta laju degradasi 48% dan 69%.

Kata kunci: *Elektroda, ilmenite, TiO_2/Ti , degradasi, reactive blue 160, fotoelektrokatalisis*

Diterima: 5 Juli 2021, Disetujui: 20 Agustus 2021

Sitasi: Azis, T., et al. (2021). Studi dan Aplikasi Elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ untuk Degradasi *Reactive Blue 160* dengan Metode Fotoelektrokatalisis. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(2): 121-130.

* Corresponding author

E-mail: thamrinazis06@gmail.com

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2021.v7.i2.15561>



LATAR BELAKANG

Limbah industri tekstil mengandung zat warna dengan kadar tinggi yang sulit terurai secara alami (*non biodegradable*) dan dapat mengganggu ekosistem di dalam air karena bersifat resisten dan beracun (Imtiazuddin, 2018; Mani *et al.*, 2019). Pewarna dalam industri tekstil seperti *reactive blue 160* merupakan senyawa organik dari golongan azo banyak digunakan sebagai bahan pencelup (Almeida *et al.*, 2009). Pengendalian pencemaran air limbah diperlukan teknik untuk mendeteksi secara cepat. Salah satu metode untuk mengatasi limbah tekstil *reactive blue 160* adalah menggunakan menggunakan bahan semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , dan lain-lain (Maulidiyah *et al.*, 2015). Teknik oksidasi yang sedang dikembangkan adalah oksidasi berbasis fotoelektrokatalisis menggunakan semikonduktor TiO_2 . Metode fotoelektrokatalis banyak digunakan dalam pengembangan TiO_2 sebagai agen pengurai bahan organik dan sensor Chemical Oxygen Demand (COD). Menurut Wu dan Zhang (2011), metode fotoelektrokatalisis memiliki beberapa keunggulan, seperti hemat dan polutan organik dapat didegradasi menjadi senyawa yang tidak berbahaya yaitu H_2O dan CO_2 . Beberapa peneliti telah mengimobilisasi unsur logam pada TiO_2 , antara lain emas (Au), besi (Fe), dan perak (Ag) menunjukkan keberhasilan pengaktifan TiO_2 pada cahaya tampak untuk meningkatkan kinerja fotoelektrokatalitik. Namun TiO_2 anatase hanya aktif pada sinar UV karena nilai energy gap (Eg) TiO_2 yang relatif besar yaitu 3,2 eV, sehingga diperlukan bahan doping untuk mengurangi energi gap (Binitha *et al.*, 2010).

Metode dopan merupakan salah satu modifikasi TiO_2 untuk mengubah struktur

elektronik TiO_2 sehingga dapat menurunkan energi celah pita. Menurut Dolat *et al.* (2013), dopan Fe dan N pada TiO_2 dapat menghasilkan aktifitas fotokatalitik yang tinggi dibawah sinar visibel. Raghander *et al.* melaporkan bahwa doping Fe^{3+} pada TiO_2 dengan komposisi $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ cenderung terbentuk ilmenit FeTiO_3 atau $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$. Keberadaan ilmenit FeTiO_3 sebagai fotokatalis dalam reaksi oksidasi sangat efektifitas untuk menurunkan polutan organik di bawah iradiasi UV. Berdasarkan studi literatur yang diuraikan, maka penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi TiO_2/Ti terdoping ilmenite (FeTiO_3) untuk mendegradasi senyawa organik *reactive blue 160* dengan pembuatan lapisan TiO_2/Ti menggunakan metode anodizing, dilanjutkan dengan doping fotokatalis dan fotoelektrokatalisis oleh ilmenite (FeTiO_3) secara sol-gel sehingga komposit TiO_2/Ti terdoping FeTiO_3 mampu mendegradasi senyawa organik yang terdapat di dalam perairan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Plat Ti (Titanium) dengan kemurnian 99,7% dan tebal 0,5 mm, amplas halus ukuran 1200 CC, Tembaga (Cu), akuabides, detergen, HF (p.a), HNO_3 (p.a)(asam nitrat), HCl (asam klorida), NH_4F (ammonium florida) 0,27 M, NaNO_3 (natrium nitrat) 0,1 M, gliserol 98% (p.a), TTIP (titanium tetra isopropoksida), Asetil Asetonat, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol), CH_3COOH (asam asetat) 1 M, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (besi II nitrat), TiO_2 dan *reactive blue 160*.

Peralatan yang digunakan meliputi X-Ray Diffraction (XRD), Spektrofotometer FT-IR, Scanning Electron Microscopy (SEM)-EDX, dan Linear Sweep Voltammetry (LSV).

Prosedur Kerja

Pembuatan lapisan TiO₂/Ti dengan metode anodizing

Plat titanium yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam probe yang diisi dengan larutan elektrolit NH₄F 0,27 M dalam 98% gliserol. Proses *anodizing* dilakukan dengan menempatkan pelat Ti sebagai anoda dan pelat Cu sebagai katoda serta mengatur perubahan potensial listrik 25 volt dan proses ini dilakukan selama 4 jam. Selanjutnya, memanaskan plat Ti selama 1,5 jam pada suhu 500°C untuk mendapatkan kristal TiO₂ anatase (Anas *et al.*, 2016; Fang, *et al.*, 2016)

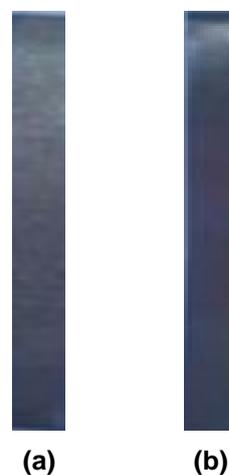
Pembuatan FeTiO₃-TiO₂/Ti dengan metode sol-gel

Sintesis FeTiO₃ dengan metode sol gel Raghavender *et al.* (2013). Larutan 1 dibuat dengan mereaksikan 4 ml titanium tetraisopropoksida (TTIP) dengan 0,5 mL asetil asetonat dan 15 mL etanol 99%. Larutan 2 dibuat 15 ml etanol 99 % dan 2 ml aquabides dengan menambahkan 1 ml asam asetat 0,1 M. Kedua larutan dicampur dan direflux selama 3 jam pada suhu 50°C dan ditambahkan Fe(NO₃)₃ untuk menghasilkan sol FeTiO₃. Pelarut yang dihasilkan diuapkan pada suhu kamar selama 48 jam hingga membentuk gel dan dipanaskan hingga 80°C dalam oven selama 30 menit. Plat Ti dan TiO₂. Proses pelapisan sol-gel FeTiO₃ menggunakan teknik perendaman pada permukaan TiO₂ nano tube (Nurdin *et al.*, 2016). Teknik perendaman dilakukan selama satu hari yang bertujuan untuk menguapkan zat pelarut dan membentuk kristal FeTiO₃ pada elektroda TiO₂-NTAs. Terakhir dipanaskan selama 15 menit pada suhu 80°C hingga terbentuk FeTiO₃.TiO₂/Ti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Plat Titanium (Ti)

Preparasi plat titanium (Ti) dilakukan dengan memotong plat Ti dengan ukuran 4 cm x 0,5 cm dan tebal 0,5 mm. Kemudian, plat yang sudah dipotong dibuat lebih bersih dengan mengoleskan amplas 1200 cc sehingga plat Ti menjadi halus (Gambar 1a). Kemudian direndam menggunakan larutan campuran yang terdiri dari HNO₃, HF dan akuabides dengan perbandingan 1 mL, 2 mL, 3 mL dan 6 mL (Anas *et al.*, 2016). Larutan HF diperlukan untuk mereduksi dan melarutkan lapisan oksida yang masih menempel pada permukaan plat. Larutan HNO₃ untuk mengoksidasi dan menghilangkan lemak atau kotoran permukaan pelat. Langkah terakhir adalah bilas dengan air suling untuk menghilangkan larutan etching pada permukaannya dan dikeringkan di udara bebas (Gambar 1b).



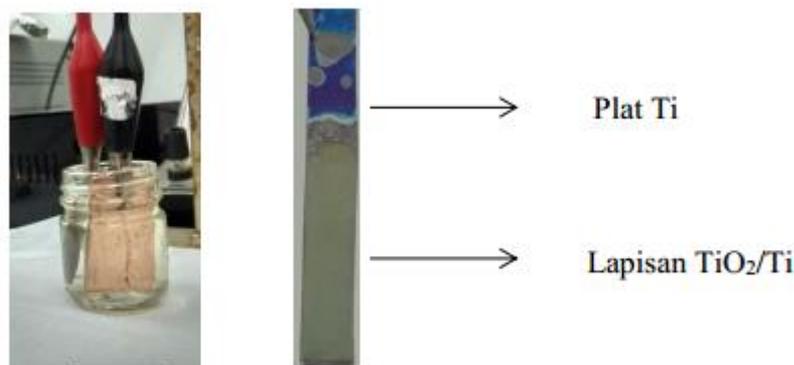
Gambar 1. Permukaan titanium (a) sebelum preparasi dan (b) setelah preparasi

Elektroda TiO₂/Ti

Pembuatan lapis tipis nanotube TiO₂/Ti dilakukan dengan metode *anodizing* seperti (Gambar 2) dilakukan selama 4 jam dalam larutan elektrolit gliserol dan NH₄F 0,27 M pada bias potensial 25 volt. Tegangan yang lebih

tinggi disuplai dalam proses pembuatan lapisan tipis TiO₂/Ti yang membuat strukturnya berbentuk seperti nodul atau partikulat. Umumnya proses anodizing akan membentuk nanomaterial yang berukuran 1-100 nm (Fang *et al.*, 2016). Lapisan tipis TiO₂/Ti hasil proses anodizing dikalsinasi pada suhu

500°C selama 1,5 jam untuk menguapkan sisa larutan elektrolit yang masih berada pada permukaan plat Ti. Selain itu, proses kalsinasi bertujuan untuk mendapatkan elektroda TiO₂/Ti dengan struktur kristal anatase yang memiliki aktivitas fotodegradasi yang lebih baik (Nurdin *et al.*, 2016).

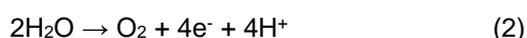


Gambar 2. Proses oksidasi logam titanium, (a) proses *anodizing* dan (b) hasil *anodizing* plat Ti membentuk TiO₂

Dari Gambar 2 dapat dilihat adanya perbedaan antara permukaan titanium yang telah terlapis TiO₂ hasil anodizing dengan yang belum dilapisi TiO₂. Permukaan yang di lapi dengan TiO₂ terlihat berwarna keabu-abuan dengan permukaan yang halus dan ketebalan lapisan yang cukup baik.

Proses pembentukkan lapisan TiO₂ pada permukaan plat Ti

Anoda: Reaksi oksidasi Ti membentuk lapisan film TiO₂



Reaksi keseluruhan:

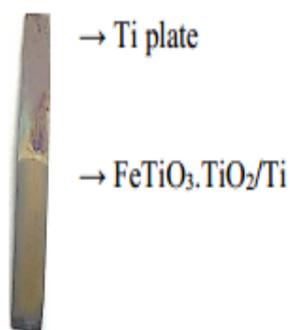


Kutub katoda yaitu logam Cu menghasilkan gas hydrogen, proses anodizing (Regonini *et al.*, 2013)



Elektroda TiO₂/Ti Doping FeTiO₃

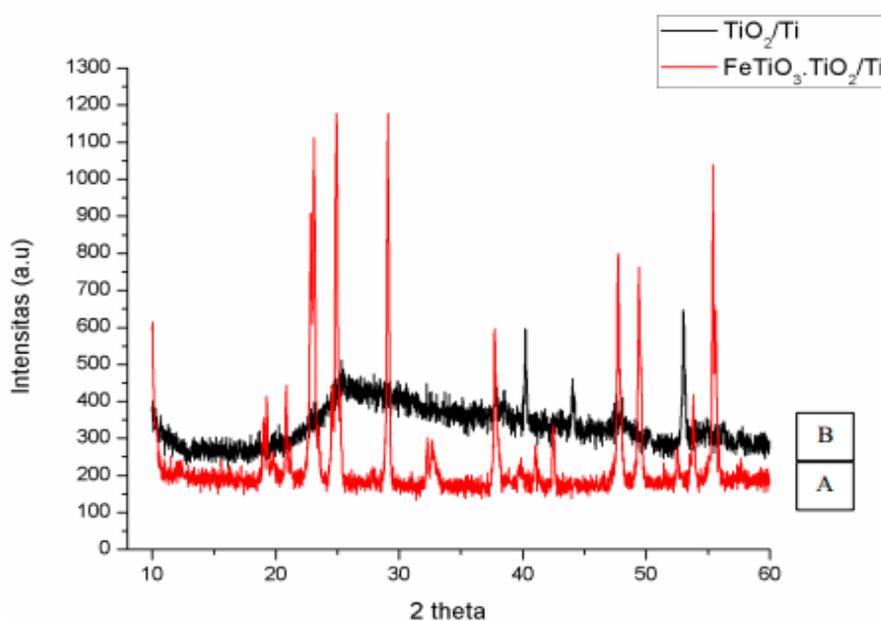
Metode sol gel merupakan metode untuk mensintesis nanopartikel TiO₂ terdoping logam dan non logam (Nurdin *et al.*, 2016). Metode ini memiliki keunggulan, seperti kemurnian, homogenitas, fleksibilitas, stoikiometri yang mudah terkontrol, kemudahan dari pengolahan dan komposisi yang terkontrol, ekonomis, sederhana dan akurat. Pembuatan sol FeTiO₃ dengan menambahkan senyawa Fe(NO₃)₃ dapat meningkatkan aktivitas fotokatalisis yang bertindak sebagai perangkap dari fotoregenerasi elektron dan *hole* sehingga dapat menekan terjadinya rekombinasi elektron-*hole* (Dadigala *et al.*, 2016). Modifikasi TiO₂ menggunakan doping FeTiO₃ dapat menghasilkan aktivitas fotokatalitik yang tinggi di bawah cahaya tampak. Secara visual hasil yang diperoleh pada teknik doping FeTiO₃/Ti dan FeTiO₃.TiO₂/Ti, seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3



Gambar 3. Elektroda $\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$

Hasil Karakterisasi Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis X-Ray Diffraction (XRD) bertujuan mengetahui struktur kristal TiO_2/Ti dan $\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$ yang telah disintesis. Hasil karakterisasi elektroda TiO_2/Ti dan $\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$ ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum puncak XRD elektroda (a) TiO_2/Ti dan (b) $\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$.

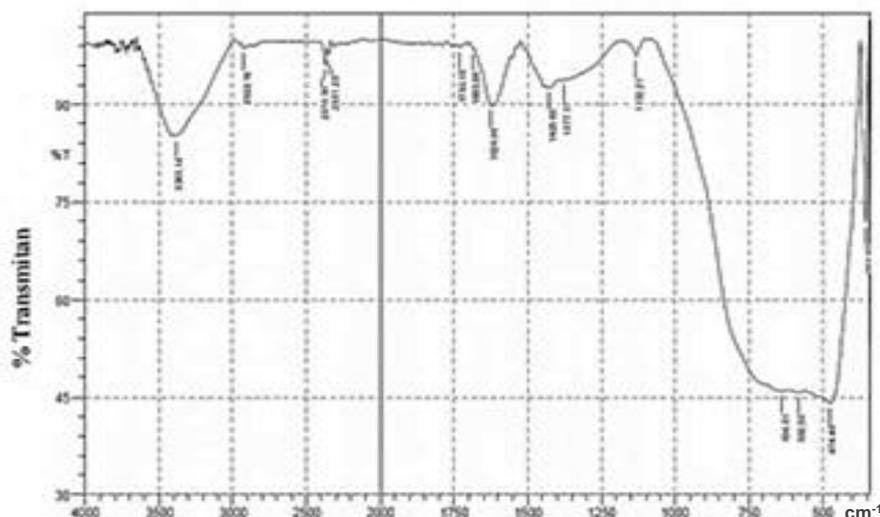
Hasil karakterisasi elektroda TiO_2/Ti menunjukkan berbentuk anatase sesuai dengan penelitian (Anas *et al.*, 2016). Hal ini didukung pola difraksi dimana terdapat pada puncak pada 2θ 25° (101) sesuai dengan penelitian (Fang *et al.*, 2012). Data difraktogram XRD $\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$ menunjukkan adanya puncak pada 2θ 23° , 25° , 29° , 48° dan 55° .

Karakteristik Spektrum Inframerah

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan FTIR diperoleh spektrum

$\text{FeTiO}_3.\text{TiO}_2/\text{Ti}$, spektrum ini ditunjukkan pada Gambar 5.

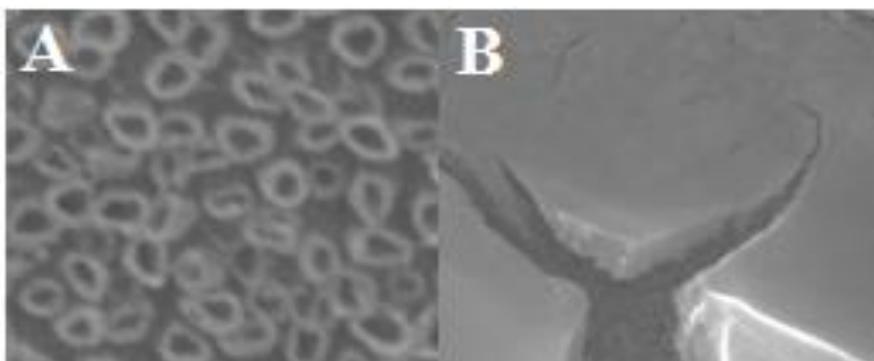
Indikasi adanya gugus $-\text{OH}$ stretching pada bilangan gelombang dalam serapan gugus $3383,14 \text{ cm}^{-1}$ berasal dari etanol sebagai pelarut pembuatan FeTiO_3 . Indikasi adanya gugus $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ pada bilangan gelombang $2376,30 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus $\text{C}=\text{O}$ terletak pada serapan $1624,06 \text{ cm}^{-1}$. Gugus $\text{C}-\text{H}$ berada pada bilangan gelombang $1425,40 \text{ cm}^{-1}$. Bilangan gelombang $< 700 \text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas penyerapan yang tinggi berasal dari ikatan logam $\text{Fe}-\text{O}$ dan $\text{O}-\text{Ti}-\text{O}$.

Gambar 5. Spektrum FTIR FeTiO₃

Hasil Karakterisasi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk melihat morfologi pada

permukaan elektroda yang telah dilapisi dengan sol-gel FeTiO₃. Hasil dari karakterisasi SEM dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Morfologi elektroda TiO₂/Ti FeTiO₃.TiO₂/Ti (10.000X) (A) dan FeTiO₃.TiO₂/Ti (20.000X) (B)

Gambar 6A menunjukkan bentuk morfologi elektroda TiO₂/Ti pada plat titanium. Hal ini ditandai adanya poros berupa tabung pada permukaan elektroda TiO₂/Ti. Berdasarkan literatur, penggunaan pelarut HF, HNO₃, dan H₂O selama proses etchin memungkinkan terbentuknya tabung pada logam Ti.. Gambar 6B memperlihatkan susunan kristal yang teratur dengan tipe acak. Hasil pelapisan sol-gel pada elektroda FeTiO₃.TiO₂ memperlihatkan hasil yang merata dan seragam dengan keteraturan kristal sangat baik. TiO₂/Ti sebagai template sangat baik

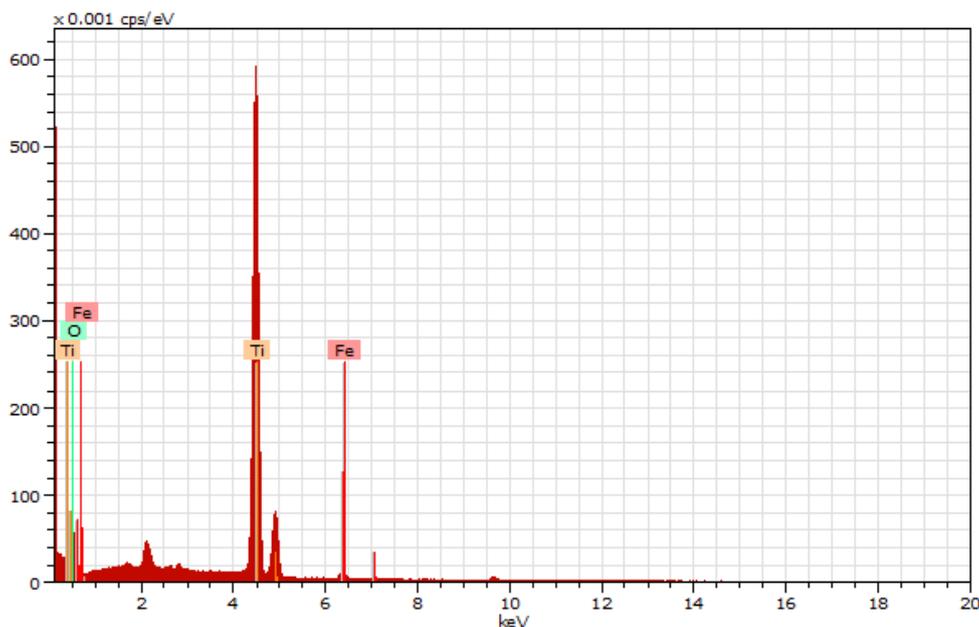
untuk proses pelapisan sol-gel dan memberikan kemungkinan kecil untuk menutupi permukaan TiO₂/Nanotube Ti (Qin *et al.*, 2013). Desain elektroda TiO₂ dengan metode anodizing berperan sebagai agen pelekatsol-gel dan dapat meningkatkan sifat elektronik material (Raghavender *et al.*, 2013). Hasil ini memperlihatkan proses dip-coating yang sangat efektif FeTiO₃ pada permukaan substrat.

Hasil Karakterisasi Menggunakan EDX

Hasil karakterisasi EDX menunjukkan bentuk morfologi elektroda FeTiO₃-TiO₂/Ti dan

posisi Ti, O dan Fe sebagai infikasi keberadaan unsur pada elektroda TiO_2/Ti menandakan

keberhasilan doping FeTiO_3 dengan metode sol gel.



Gambar 7. Hasil karakterisasi dari $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$

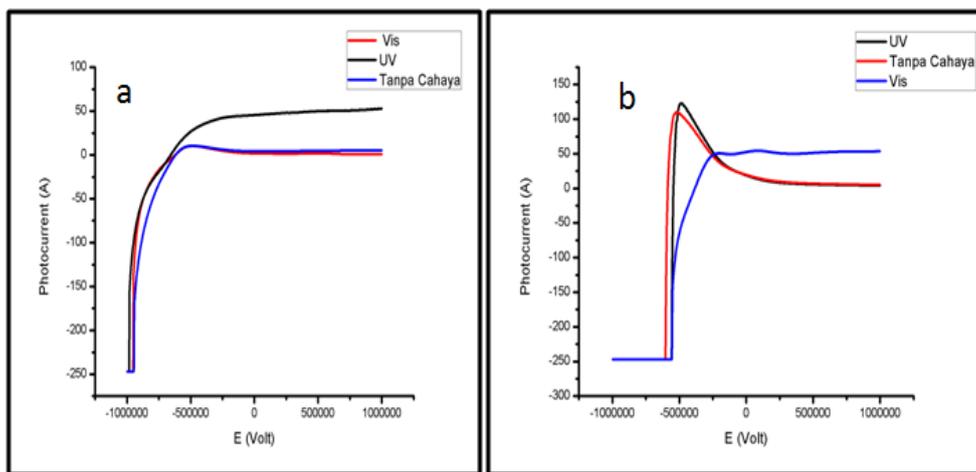
Gambar 7 menggambarkan data EDX dari hasil sintesis $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$. Keberhasilan penempelan besi (Fe) munculnya puncak pada tingkat energi 0,6 KeV - 6,5 KeV. Jumlah besi (Fe) pada elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ mencapai 1,19 %.

Hasil Karakterisasi Menggunakan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV)

Pengukuran dengan menggunakan metode LSV untuk mengukur arus cahaya proposional terhadap fungsi beda potensial dengan menggunakan larutan elektrolit NaNO_3 0,1 M yang dihubungkan potensiostat portable. Pengukuran menggunakan tiga elektroda yaitu elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ dan TiO_2/Ti sebagai elektroda kerja, elektroda platina (Pt), dan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Hasil pengujian elektroda TiO_2/Ti dibandingkan dengan elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ untuk mendapatkan pengaruh proses pelapisan TiO_2 pada proses fotoelektrokatalis.

Gambar 8a menunjukkan elektroda TiO_2/Ti yang disinari dengan ultra violet (UV) memiliki aktivitas yang lebih baik daripada di bawah sinar visible dan tanpa penyinaran (gelap). Hal dikarenakan elektroda TiO_2/Ti dengan struktur anatase kristal hanya aktif dibawah sinar UV dengan panjang gelombang 365 - 388 nm. Pada kondisi tanpa penyinaran (gelap), elektroda TiO_2/Ti tidak dapat menghasilkan energi yang ditransmisikan dari pita konduksi ke pita valensi.

Gaambar 8b menggambarkan elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ memiliki aktivitas tertinggi pada sinar tampak daripada ultra violet(UV). dan tanpa penyinaran. Hal ini terjadi karena kehadiran doping ilminite (FeTiO_3) pada permukaan TiO_2 / Ti dapat meningkatkan kinerja elektroda di daerah tampakl dan menurunkan kinerja di daerah UV. Penambahan FeTiO_3 mampu menggeser elektron dari pita valensi ke pita konduksi.

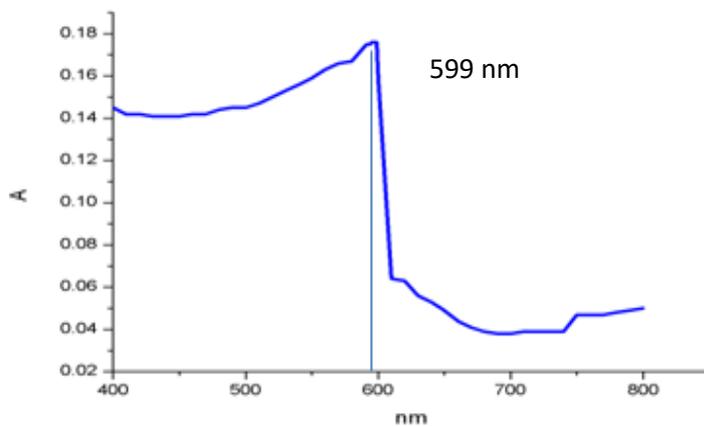


Gambar 8. Uji aktivitas elektroda dengan LSV: (a) elektroda TiO₂/Ti, (b) elektroda FeTiO₃.TiO₂/Ti.

Degradasi *Reactive blue 160* Menggunakan Elektroda TiO₂/Ti dan FeTiO₃-TiO₂/Ti

Uji kinerja elektroda TiO₂/Ti dan FeTiO₃-TiO₂/Ti dapat diimplementasikan menggunakan zat warna *reactive blue 160*. Panjang

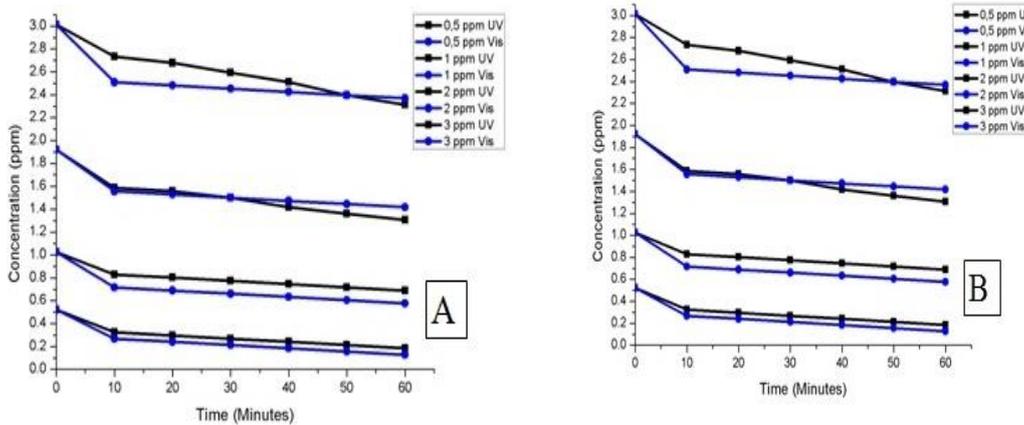
gelombang *reactive blue 160* dapat diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis adalah 599 nm, seperti dalam Gambar 9.



Gambar 9. Panjang gelombang *reactive blue 160*

Selama proses pengukuran, telah terjadi transisi electron melibatkan elektron π yang dikonjugasikan sepanjang gugus kromofor *reactive blue 160* heterosiklik dengan menyerap energi dan zat ini terbaca karena transisi di area cahaya tampak (Anas et al., 2016). Berdasarkan hasil pengukuran masing-masing larutan terstandarisasi dihasilkan kurva kalibrasi dengan persamaan linier $y = 0,0357x + 0,0594$.

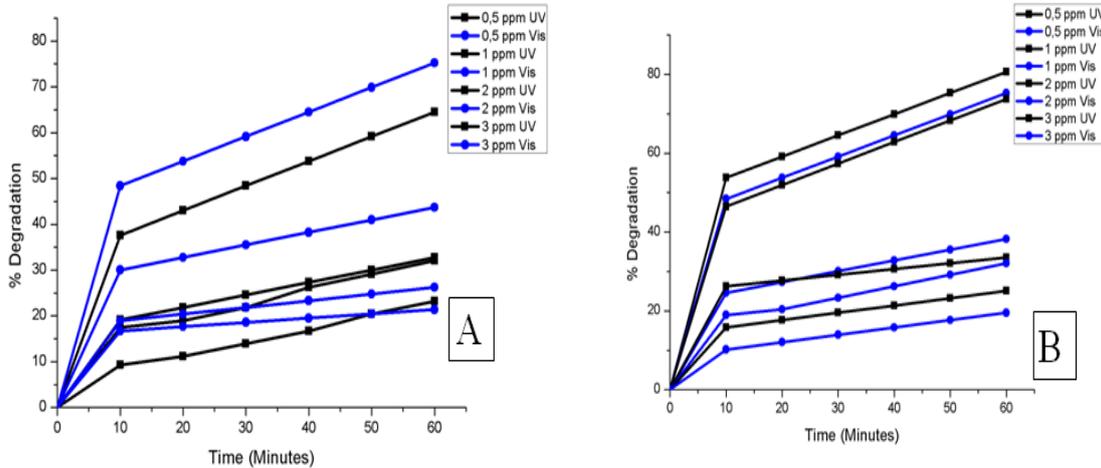
Uji degradasi senyawa organik *reactive blue 160* menggunakan proses fotokatalis dan fotoelektrokatalis dengan metode teknik MPA (*Multi Pulse Amperometry*) dan Spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui penurunan konsentrasi masing-masing larutan. Fotoelektrokatalisis adalah kombinasi dari proses fotokatalisis dan elektrokimia. Hasil degradasi senyawa organik *reactive blue 160* ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Degradasi *reactive blue 160* menggunakan elektroda TiO_2/Ti , (a) proses fotokatalis, (b) proses fotoelektrokatalis

Degradasi *reactive blue 160* dengan proses fotokatalis menunjukkan konsentrasi *reactive blue 160* menurun sangat lambat ketika diradiasikan baik oleh sinar UV maupun sinar tampak seperti yang digambarkan pada Gambar 10a. Penambahan elektron (arus listrik) mencegah rekombinasi lubang elektron

selama penyinaran cahaya sehingga proses degradasi terjadi lebih cepat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10b. Doping $FeTiO_3$ pada TiO_2/Ti dapat meningkatkan kinerja elektroda $FeTiO_3-TiO_2/Ti$ dalam area cahaya tampak seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan fotokatalitik dan fotoelektrokatalitik (A) % degradasi fotokatalitik dan (B) % degradasi fotoelektrokatalitik

Gambar 11 menyajikan kinerja elektroda $FeTiO_3-TiO_2/Ti$ dalam mendegradasi *reactive blue 160* di bawah sinar tampak lebih baik daripada di bawah sinar UV dengan cahaya visibel terlihat lebih tinggi dibandingkan cahaya UV. Hal ini sejalan dengan penelitian Kang et al. (2015) yang menyatakan doping dengan

logam seperti Cr, Cu, Pt dan Fe dapat meningkatkan kinerja $FeTiO_3-TiO_2/Ti$ dalam mendegradasi Congo Red.

KESIMPULAN

Elektroda $FeTiO_3-TiO_2/Ti$ dibuat dengan metode dip-coating untuk mendegradasi

reactive blue 160 memiliki aktivitas lebih baik di bawah sinar tampak dibandingkan sinar UV karena doping FeTiO_3 dapat menurunkan energi gap sehingga energi yang dibutuhkan elektron untuk mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi menjadi lebih sedikit. Selain itu, elektroda $\text{FeTiO}_3\text{-TiO}_2/\text{Ti}$ di bawah sinar tampak secara fotoelektrokatalisis dapat mendegradasi *reactive blue* 160 sekitar 69,9%. Sedangkan elektroda TiO_2/Ti pada proses fotoelektrokatalisis memberikan hasil lebih baik pemaparan sinar UV dan mendegradasi *reactive blue* 160.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, C.A.P., N.A. Debacher, A.J. Downs, L. Cottet, C.A.D. Mello. (2009). Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay. *Journal of Colloid and Interface Science* 332(1): 46–53
- Anas, M., Han, D.S., Mahmoud, K., Park, H., Abdel-Wahab, A. (2016). Photocatalytic degradation of organic dye using titanium dioxide modified with metal and non-metal deposition, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 41: 209-218.
- Binitha, N.N., Z. Yaakob, R. Resmi. (2010). "Influence of synthesis methods on zirconium doped titania photocatalysts", *Central European Journal of Chemistry* 8(1):182–187.
- Dadigala, R., Gangapuram, B R., Bandi, R., Dasari, A., Guttena, V. (2016). Synthesis and Characterization of C– $\text{TiO}_2/\text{FeTiO}_3$ and CQD/C– $\text{TiO}_2/\text{FeTiO}_3$ Photocatalysts with Enhanced Photocatalytic Activities Under Sunlight Irradiation. *Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.)*, 29(1): 17–2.
- Dolat, D., Mozia, S., Ohtani, B. dan Morawski, A. (2013). Nitrogen, Iron-Single Modified (N– TiO_2 , Fe– TiO_2) And Co-Modified (Fe, N– TiO_2) Rutile Titanium Dioxide As Visible-Light Active Photocatalysts, *Chemical Engineering Journal*, 225: 358-364.
- Fang, T., Yang, C., Liao, L. (2012). Photoelectrocatalytic degradation of high COD dipterex pesticide by using TiO_2/Ni photo electrode, *Journal of Environmental Sciences*, 24: 1149-1156.
- Fang, Y., Sun, M., Wang, Y., Sun, S., He, J. (2016). Cu_2O decorated carbon-incorporated TiO_2 microspheres with enhanced visible light photocatalytic activity, *Materials Research Bulletin*, 74: 265-270.
- Imtiazuddin, S.M. (2018). "Impact of textile wastewater", *Pakistan Textile Journal*, 38–39.
- Kang, Y.-G., Lee, K.-H., Hahm, H.-S. (2015). Preparation of Visible Light Sensitive Nano-Sized N– TiO_2 Photocatalysts and their Photocatalytic Activity Under Visible Light, *Turkish Journal of Chemistry*, 39: 159-168.
- Mani, S., P. Chowdhary, R.N. Bharagava, (2019). *Textile wastewater dyes: toxicity profile and treatment approaches*, in: *Emerg. Eco-Friendly Approaches Waste Manag.*, Springer, pp. 219–244.
- Maulidiyah, M., Wibowo, D., Sani, A. (2015). Nanotube titanium dioxide/titanium electrode fabrication with nitrogen and Ag metal doped anodizing method: performance test of organic compound Rhodamine B degradation, *International Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7: 141-146.
- Nurdin, M., Muzakkar, M.Z., Maulidiyah, M., Maulidiyah, N., Wibowo, D. (2016). Plasmonic Silver–N/ TiO_2 Effect on Photoelectrocatalytic Oxidation Reaction, *J. Mater. Environ. Sci.*, 7: 3334-3343.
- Qin, Y.-H., Yang, H.-H., Lv, R.-L., Wang, W.-G., Wang, C.-W. (2013). TiO_2 nanotube arrays supported Pd nanoparticles for ethanol electrooxidation in alkaline media, *Electrochimica Acta*, 106: 372-377.
- Raghavender, A., Hong, N.H., Lee, K.J., Jung, M.-H., Skoko, Z., Vasilevskiy, M., Cerqueira, M., Samantilleke, A. (2013). Nano-ilmenite FeTiO_3 : Synthesis and characterization, *Journal of magnetism and magnetic materials*, 331: 129-132.
- Wu, H. dan Zhang, Z. (2011), High Photoelectrochemical Water Splitting Performance On Nitrogen Doped Double-Wall TiO_2 Nanotube Array Electrodes, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(21): 13481-13487.