



Synthesis and Characterization of Cual Batik Waste Dyes From Photocatalysis Using TiO₂ From Ilmenite Bangka

Sintesis dan Karakterisasi Zat Warna Limbah Batik Cual dari Hasil Fotokatalisis Menggunakan TiO₂ dari Ilmenit Bangka

Fuspita Istiqomah*, Verry Andre Fabiani, dan Adisyahputra

Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

* Corresponding author: fuspitaistiqomah77@gmail.com

ABSTRAK

Batik Cual merupakan salah satu produk lokal Kepulauan Bangka Belitung. Ekspansi batik cual di Bangka Belitung terus meningkat, sehingga terjadi peningkatan produksi kain batik cual. Batik Cual mengandung zat pewarna remasol yang bersifat karsinogenik sehingga penanganan limbahnya harus tepat dan aman bagi lingkungan sekitar. Salah satunya dengan menggunakan metode fotokatalitik TiO₂ dari ilmenit Bangka. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan bahwa kadar TiO₂ setelah dilakukan pencucian magnetic separator dan HCl mencapai 69,975% dan 77,260%. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa suhu kalsinasi optimal pada 700°C dengan intensitas difraksi puncak kristal TiO₂ anatase pada 2θ 48,9°, 53,53° dan 53,92°. Pada karakterisasi FTIR, terdapat spektrum gugus fungsi titanium dioksida (TiO₂) pada bilangan gelombang serapan 795 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur Ti-O-Ti. Pada bilangan gelombang 2326 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur Ti-O. Hasil fotodegradasi limbah batik cual menunjukkan adanya penurunan kandungan zat warna *remazol brilliant blue* bila terkena lampu UV dan sinar matahari pada waktu kontak 30, 60, dan 90 menit 85,21%, 82,75%, dan 86,72%. (Sinar UV); 70,75%, 78,92%, dan 93,51% (sinar matahari).

Kata Kunci: *ilmenite, remazole brilliant blue, fotodegradasi, limbah batik cual*

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri tekstil saat ini semakin meningkat, tetapi hal tersebut berdampak negatif bagi kehidupan manusia. Limbah hasil industri tekstil merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan salah satunya pada limbah batik cual. Batik cual merupakan salah satu produk unggulan Kepulauan Bangka Belitung. Perkembangan batik cual di Bangka Belitung terus meningkat dengan motif dan desain yang semakin eksis

sebagai kain khas Bangka (Magdalena & Santoso, 2016). Seiring meningkatnya produksi kain batik cual menimbulkan permasalahan peningkatan limbah produksi yang dihasilkan. Batik cual mengandung zat warna remasol yang bersifat karsinogenik (Sandi dkk, 2019). Batik cual memiliki kadar zat warna yang tinggi, sehingga dibutuhkan penanganan limbah yang tepat dan aman bagi lingkungan sekitar (Sumarni, 2012).

Salah satu penanganan limbah batik menggunakan metode fotokatalitik TiO₂, metode ini sangat efisien untuk mendegradasi

secara lengkap senyawa organik dalam fase cair dan gas (Riyani dkk, 2012). Titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang berfungsi sebagai pendegradasi zat warna dan senyawa kimia beracun dengan proses fotokatalis (Rahmawati dkk, 2008). Proses fotokatalis merupakan proses kimia yang berjalan dengan bantuan katalis aktif yaitu TiO_2 dengan disinari cahaya matahari (Tussa'adah & Astuti, 2015). Salah satu sumber TiO_2 yang potensial yaitu ilmenit. Menurut Sumardi (1999) kandungan ilmenit pada hasil samping penambangan timah di Pulau Bangka Belitung mencapai 90 %. Ilmenit diperoleh dari proses penambangan dan pengolahan timah sehingga menghasilkan timah dan hasil samping berupa *tailing*. Hasil samping dari proses tersebut berupa monasit, ilmenit, dan zirkon dengan jumlah cukup besar yang disimpan dan tidak dilakukan pengolahan secara optimal (Ermawati dkk, 2016).

Sejauh ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai fotodegradasi limbah batik cual menggunakan fotokatalis TiO_2 . Sehingga pada penelitian ini dilakukan upaya untuk menurunkan zat warna remazol pada limbah batik cual menggunakan fotokatalis TiO_2 dari ilmenit Bangka.

METODOLOGI

Bahan

Akuades, Asam Nitrat (HNO_3) teknis, HCl 37 % Teknis, Ilmenit Bangka, kertas saring *whattman* No. 1441-125, limbah batik cual, Zat warna *Remazol Brilliant Blue* teknis.

Alat

Magnetic stirrer, Neraca analitik, *hot plate stirrer*, gelas kimia 100, 250, dan 500 mL, Pipet volumetri, Pipet tetes, Termometer, Spatula, Reaktor fotokatalis dengan 2 lampu UV, Gelas ukur, Spatula, kertas pH, Labu Ukur, batang pengaduk, oven, *furnace*, *wet magnetic separator*, *discmill*, Spektrofotometer UV-Vis (Agilent Carry 60), *X-Ray Fluorescence* (XRF) (*Panalytical type AXIOS*), *X-Ray Diffractometer* (XRD *pattern*, Rigaku Minifex 600 D/teX ultra ID) dan *Fourier Transform Infra Red*, (FTIR Bruker Alpha with Znse beam Splitter).

Prosedur

Wet Magnetic Separator dan Discmill

Ilmenit dipisahkan dengan menggunakan *wet magnetic separator*. Kemudian dihaluskan dengan *discmill* ≤ 200 mesh, sehingga diperoleh ilmenit dalam bentuk yang lebih

halus. Ilmenit dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan awal yang terdapat pada sampel.

Leaching Asam Klorida (HCl)

Sampel ilmenit kemudian di *leaching* (pencucian) menggunakan HCl 37% selama 5 jam dimana perbandingan antara padatan dan cairannya (m/v) yaitu 1:4 dan diasduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam dengan laju 200 rpm. Endapan yang diperoleh disaring dan dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa asam yang terdapat pada sampel. Selanjutnya sampel dikeringkan pada suhu 100 °C. Sampel yang telah dikeringkan, dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) (Solihin dkk, 2012, Oediyani dkk, 2014, & Indrawati dkk, 2014).

Kalsinasi Ilmenit

Sampel ilmenit dimasukkan ke dalam *furnace* dan dipanaskan dengan variasi suhu ;

600 °C, 700 °C, dan 800 °C selama 5 jam (Setiawan, 2012). Kemudian sampel yang optimal dari hasil karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

Preparasi Sampel Limbah Batik Cual

Limbah cair batik diambil dari *home industry* batik cual di Selindung, Pangkalpinang, Bangka Belitung. Limbah cair disaring untuk menghilangkan padatan yang dapat mengganggu analisis. Filtrat yang didapatkan dimasukkan ke dalam gelas beaker.

Pembuatan Larutan Induk Zat Warna Remazol Brilliant Blue

Pembuatan larutan induk zat warna *Remazol Brilliant Blue* dengan menimbang 0,1 gram zat warna yang dilarutkan menggunakan akuades dan ditempatkan dalam labu ukur 100 mL. Dengan demikian, diperoleh larutan zat warna *Remazol Brilliant Blue* dengan konsentrasi 1000 ppm. Kemudian sebanyak 2 mL larutan diukur absorbansinya pada variasi panjang gelombang 200-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis sehingga diperoleh panjang gelombang maksimum larutan zat warna *Remazol Brilliant Blue*.

Pembuatan Kurva Standar

Larutan *Remazol Brilliant Blue* dengan variasi konsentrasi 0,5 ppm; 10 ppm; 15 ppm; 20 ppm; dan 25 ppm (pengenceran larutan induk) sebanyak 2 mL diukur absorbansinya

dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Uji Aktivitas Fotokatalis

Sejumlah 25 mL limbah batik cui ditambah 0,5 gram katalis TiO₂ ditambahkan asam nitrat dan diradiasi dengan sinar UV dan sinar matahari. Suspensi yang terbentuk disaring dengan kertas saring *whattman 41* (Preveen, 2013, Dwiasi & Setyaningtyas, 2014). Filtrat dianalisis absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum dengan mengukur absorbansi terdegradasi yang akan ditentukan konsentrasinya, lalu setelah itu nilai absorbansinya dimasukkan pada grafik standar, sehingga konsentrasi terdegradasi dapat dihitung dengan Hukum *Lambert-Beer*. Variasi kondisi sebagai berikut :

Tabel 1. Variasi Kondisi Uji Aktivitas Fotokatalis

Kontrol Waktu Kontak	Penyinaran Lampu UV	Penyinaran Sinar Matahari
30 Menit	Limbah batik cui + katalis TiO ₂	Limbah batik cui + katalis TiO ₂
60 Menit	Limbah batik cui + katalis TiO ₂	Limbah batik cui + katalis TiO ₂

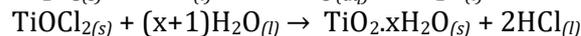
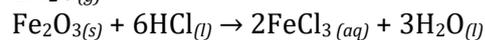
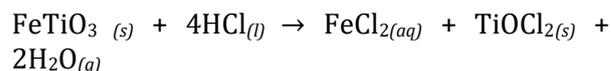
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ilmenit Bangka memiliki bentuk fisik pasir berwarna hitam dapat dilihat pada **Gambar 1** sebagai berikut:



Gambar 1. Ilmenit Bangka

Menurut Solihin dkk (2012) proses *leaching* langsung dengan larutan asam klorida pekat (HCl 37%) dapat meningkatkan lebih dari 80 % titanium pada ilmenite dan meningkatkan kelarutan besi hingga 40,3%. Dengan penambahan HCl diharapkan ion Fe dapat diikat oleh ion Cl sehingga membentuk FeCl₃. Persamaan reaksi yang terjadi yaitu:



Setelah ilmenit *dileaching* dan didekantasi selama 12 jam maka akan terpisah antara fase padat dan fase cair pada campuran hasil *leaching*. Hasil endapan ilmenit yang diperoleh dicuci dengan akuades hingga pH 7 (netral) untuk mendapatkan TiO₂ dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Sampel yang telah kering kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF sehingga diperoleh % komposisi mineral ilmenit sebagai berikut:

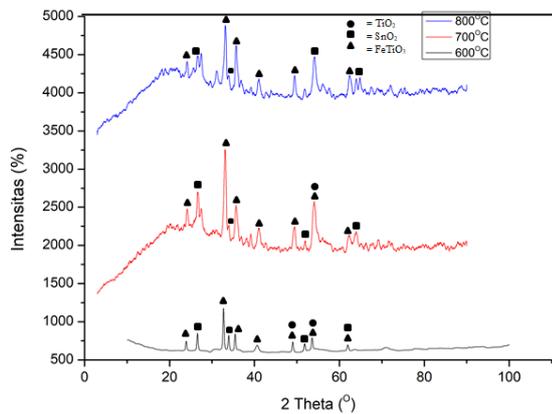
Tabel 2. Komposisi *Ilmenite* Hasil *Magnetic Separators* dan Setelah *Leaching* Asam Klorida (HCl)

No	Senyawa	% Kadar <i>Ilmenite</i> Hasil <i>Magnetic Separator</i>	% Kadar <i>Ilmenite</i> Setelah <i>Leaching</i>
1	TiO ₂	69,975	77,260
2	Fe ₂ O ₃	47,388	36,259
3	SnO ₂	3,320	3,902
4	SiO ₂	5,067	12,836
5	CaO	2,081	2,692
6	Al ₂ O ₃	1,786	5,601

Berdasarkan **Tabel 2** data hasil analisis XRF mineral ilmenit setelah dilakukannya *leaching* asam klorida menunjukkan kenaikan kadar senyawa titanium dioksida (TiO₂) mencapai 77,260 % dan penurunan kadar hematit (Fe₂O₃) hingga 36,259 %. Hal ini menunjukkan bahwa asam klorida dapat menaikkan senyawa titanium dioksida (TiO₂) dan dapat menurunkan kadar hematit melalui proses reduksi.

Endapan yang dihasilkan kemudian dikalsinasi. Ilmenit hasil kalsinasi dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat pengaruh kalsinasi atau oksidasi terhadap fasa ilmenit, sehingga didapatkan difraktogram seperti Gambar 2. Berdasarkan **Gambar 2** difraktogram ilmenit, pada kalsinasi suhu 600°C, 700°C dan 800°C menunjukkan puncak-puncak identitas TiO₂ anatase pada daerah (2θ) yaitu 48,97° (d = 1,86Å), dan 53,53° (d = 1,71Å) berdasarkan standar JCPDS No.78-2486. Puncak-puncak yang banyak muncul pada difraktogram

terdapat pada sudut difraksi (2θ) $24,07^\circ$ ($d = 3,69\text{\AA}$), $23,90^\circ$ ($d = 3,72\text{\AA}$), $32,69^\circ$ ($d = 2,74\text{\AA}$), $33,16^\circ$ ($d = 2,64\text{\AA}$), $35,42^\circ$ ($d = 2,53\text{\AA}$), $40,6^\circ$ ($d = 2,22\text{\AA}$), $41,06^\circ$ ($d = 2,2\text{\AA}$), $48,97^\circ$ ($d = 1,86\text{\AA}$), $49,36^\circ$ ($d = 1,85\text{\AA}$), $53,53^\circ$ ($d = 1,71\text{\AA}$), $61,94^\circ$ ($d = 1,49\text{\AA}$), dan $62,3^\circ$ ($d = 1,5\text{\AA}$) yang menunjukkan puncak karakteristik dari ilmenit (FeTiO_3) sesuai standar ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) dengan kode 30672. Berdasarkan standar ICSD dengan kode 16635 menunjukkan identitas puncak-puncak *cassiterit* (SnO_2) pada daerah (2θ) yaitu $26,55^\circ$ ($d = 3,36\text{\AA}$), $33,91^\circ$ ($d = 2,64\text{\AA}$), $51,77^\circ$ ($d = 1,77\text{\AA}$), $54,07^\circ$ ($d = 1,7\text{\AA}$), $61,94^\circ$ ($d = 1,49\text{\AA}$), dan), $64,08^\circ$ ($d = 1,45\text{\AA}$). Pada suhu 600°C , 700°C dan 800°C intensitas tertinggi muncul pada puncak-puncak senyawa ilmenit (FeTiO_3). Hal ini, menunjukkan bahwa senyawa yang paling dominan yaitu ilmenit (FeTiO_3).



Gambar 2. Perbandingan Difraktogram X-Ray Diffraction (XRD) Kalsinasi Ilmenit

Pada pola difraksi tampak bahwa terdapat dua puncak yang konsisten dengan puncak untuk kristal anatase, yaitu pada suhu kalsinasi 600°C dan 700°C sedangkan kristal rutil tidak terdeteksi pada pola difraksi tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa pada proses kalsinasi yang dilakukan hingga 600°C dan 700°C cukup untuk membentuk kristal anatase. Berdasarkan hasil analisis, dengan adanya kenaikan suhu pada TiO_2 akan berpengaruh pada pola difraksi sinar X dari TiO_2 karena pada kenaikan suhu 800°C tidak menunjukkan adanya puncak TiO_2 anatase tetapi menunjukkan puncak TiO_2 rutil.

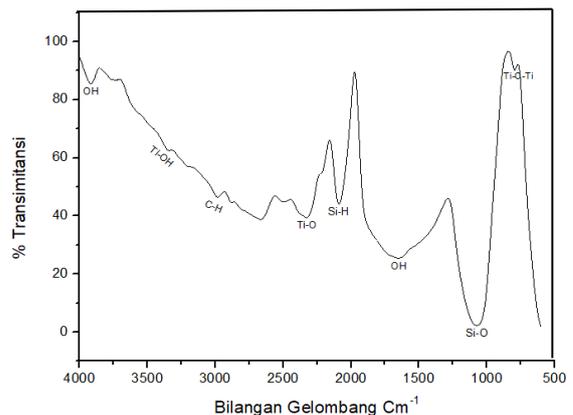
Pada suhu kalsinasi 600°C , 700°C dan 800°C terdapat pola difraksi silika kuarsa, namun memiliki intensitas yang kecil pada masing-masing sudut difraksi (2θ) $26,55^\circ$ ($d = 3,36\text{\AA}$), $26,68^\circ$ ($d = 3,34\text{\AA}$), $26,62^\circ$ ($d = 3,35\text{\AA}$) berdasarkan data ICDD dengan kode referensi 01-75-8320 (Rozi dan Astuti, 2016). Pada suhu 700°C terjadinya kenaikan intensitas dari

puncak SiO_2 . Semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin rendah intensitas dari fasa silika yang muncul, hal ini disebabkan adanya kenaikan fasa-fasa yang lebih dominan seperti FeTiO_3 (ilmenit).

Pada penelitian ini diperoleh suhu optimum kalsinasi yaitu 700°C yang digunakan untuk uji fotodegradasi, dikarenakan pada suhu tersebut diperoleh puncak TiO_2 anatase dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan ilmenit pada suhu kalsinasi 600°C .

Struktur kristal merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam aktivitas fotokatalis. Kristal anatase lebih reaktif terhadap cahaya dibandingkan kristal rutil, hal ini dapat dilihat dari perbedaan jarak atom Ti-O. Menurut Guanlazuardi (2001) jarak atom Ti-O pada kristal anatase lebih pendek atau rapat daripada kristal rutil, hal ini menyebabkan kristal anatase lebih kristalin dibandingkan rutil. Menurut Sutrisno dkk (2005) kristalinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas fotokatalis, semakin kristalin suatu material maka akan semakin baik untuk digunakan sebagai fotokatalis.

Ilmenit yang telah dikalsinasi pada suhu 700°C dianalisis FTIR, sehingga diperoleh spektrum FTIR ilmenit sebagai berikut:



Gambar 3. Spektrum FTIR dari Ilmenit

Pada **Gambar 3** spektrum gugus fungsi dari titanium dioksida (TiO_2) pada gambar dapat dilihat dari adanya pita serapan pada vibrasi tekuk bilangan gelombang antara $400\text{--}800\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan adanya ikatan Ti-O-Ti. Pada serapan bilangan gelombang 795 cm^{-1} sebagai vibrasi ulur Ti-O-Ti untuk karakteristik serapan dari TiO_2 pada ilmenit. Pada gambar juga terlihat spektra FT-IR pada bilangan gelombang 2326 cm^{-1} menunjukkan serapan Ti-O (Sunardi dkk, 2014). Pada pita serapan bilangan gelombang antara $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus hidroksil. Bilangan gelombang 3345 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur

O-H yang kemungkinan besar diperoleh dari gugus titanil (Ti-OH) pada permukaan TiO₂. Pada pita serapan bilangan gelombang antara 3750-3900 menunjukkan adanya gugus hidroksil dari H₂O (Yuliatum dkk, 2019). Bilangan gelombang 3915 merupakan vibrasi ulur OH dari air. Serapan pada bilangan gelombang 1648 cm⁻¹ merupakan vibrasi O-H dari molekul air yang teradsorpsi. Bilangan gelombang 1074 cm⁻¹ dan 2088 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus Si-O dan Si-H merupakan senyawa ikutan (*carrier*) yang terdapat pada ilmenit. Pada bilangan gelombang 2981 cm⁻¹ dan 2880 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-H yang berasal dari pengotor organik, yang tidak sepenuhnya hilang ketika dicuci dengan akuades. Vibrasi C-H ulur termasuk dalam kelompok senyawa alkana (Wahyuningsih dkk, 2014 dan Preveen dkk, 2013).

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mengetahui absorbansi maksimum, sehingga diperoleh panjang gelombang maksimum (λ_{max}) sebesar 385,35 nm dengan absorbansi 3,972. Diperoleh persamaan $y = 0,0035x + 0,0077$ pada kurva standar, dengan gradien linieritas $R^2 = 0,958$, hal ini menunjukkan bahwa kurva standar memiliki garis yang linear. Dengan persamaan regresi dari kurva standar akan digunakan dalam penentuan konsentrasi pada sampel limbah batik cuci. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Absorbansi dan Konsentrasi Hasil Degradasi Limbah Batik Cuci

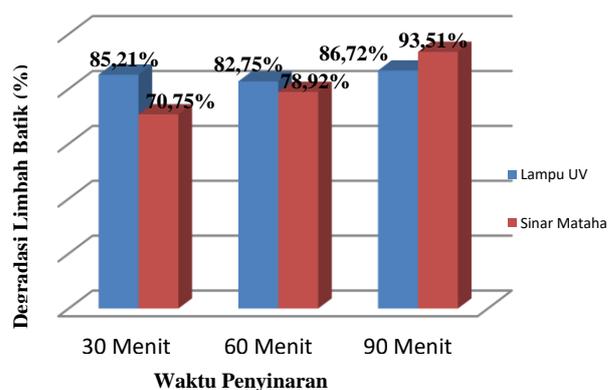
Waktu Penyinaran	Konsentrasi (ppm)	
	Sinar UV	Sinar Matahari
0 Menit		871,229
30 Menit	128,857	254,857
60 Menit	150,286	183,714
90 Menit	115,143	56,571

Pada **Tabel 3** diperoleh hasil konsentrasi limbah pada panjang gelombang 385nm dengan penyinaran sinar UV dan sinar matahari mengalami penurunan. Limbah batik dengan konsentrasi awal sebesar 871,229 ppm mengalami penurunan yang sangat signifikan pada waktu kontak 30 menit penyinaran sinar UV dan matahari masing-masing sebesar 85% dan 70%. Pada waktu kontak 60 menit terjadinya penurunan degradasi limbah batik cuci sebesar 82% dan 78% dan waktu kontak

90 menit diperoleh penurunan 86% dan 93% dengan penyinaran lampu UV dan sinar matahari. Hal ini membuktikan bahwa katalis TiO₂ dapat menurunkan kadar zat warna pada limbah batik cuci.

Sebelum dilakukan fotodegradasi, limbah batik cuci diukur nilai pH dengan indikator universal, sehingga didapatkan nilai pH sebesar 8 yang bersifat basa. Nilai pH sangat berperan untuk menentukan karakteristik limbah dan pembentukan radikal hidroksil. Menurut Dwiasi & Setyaningtyas (2014), "pH dapat mempengaruhi muatan pada partikel TiO₂, dimana jumlah elektron yang dihasilkan semakin meningkat pada kondisi asam karena rekombinasi h⁺ dan elektron berkurang sehingga aktivitas fotodegradasi semakin meningkat, hal tersebut dapat menyebabkan kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan sehingga laju fotodegradasi zat warna limbah batik akan semakin meningkat".

Tahap selanjutnya yaitu fotodegradasi dengan variasi sumber sinar radiasi yaitu sinar lampu UV dan sinar matahari dengan variasi waktu penyinaran sehingga diperoleh presentase tabel penurunan degradasi sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Persentase Degradasi Limbah Batik Cuci pada Penyinaran Lampu UV dan Sinar Matahari

Berdasarkan **Gambar 4** dapat dilihat bahwa larutan limbah batik cuci mengalami penurunan konsentrasi. Akan tetapi penurunan konsentrasi larutan batik cuci pada penyinaran lampu UV tidak stabil seiring lamanya waktu penyinaran. Hal ini dikarenakan reaksi pada fotokatalis pada material terjadi secara lambat sehingga mengalami rekombinasi dimana elektron yang tereksitasi ke pita konduksi menghasilkan *hole* (h⁺), sehingga e⁻ yang tidak langsung kontak pada molekul akan kembali berinteraksi dengan *hole* yang ada pada pita valensi di permukaan.

Sedangkan peningkatan persentase degradasi pada sinar matahari diakibatkan oleh adanya intensitas cahaya. Intensitas sinar matahari jauh lebih besar daripada intensitas sinar UV. Sinar matahari yang terdiri dari 5% sinar UV (200-380 nm) dan 45% sinar tampak (310-2300 nm) menyebabkan energi foton yang dihasilkan lebih besar (Yaakob dkk, 2012).

Sinar matahari memiliki mekanisme fotodegradasi yang berbeda. Sinar matahari yang sebagian besar sinar tampak dengan mekanisme fotodegradasinya yaitu sinar UV dan sinar tampak, sedangkan pada lampu UV memiliki mekanisme fotodegradasi sinar UV saja. Sehingga penyinaran matahari memiliki hasil yang lebih optimum dalam mendegradasi zat warna *remazol brilliant blue* pada limbah cucur (Hilal dkk, 2007).

Zat warna yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis TiO_2 dapat digunakan sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer tersebut dapat mengakibatkan TiO_2 tetap aktif pada daerah sinar tampak. Sensitizer zat warna menyebabkan laju degradasi zat warna pada limbah batik cucur dipengaruhi oleh $hole^+$ yang dihasilkan oleh sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna remazol pada limbah batik cucur (Hilal dkk, 2007). Sehingga zat warna remazol pada limbah batik cucur yang teroksidasi akan semakin besar, oleh karena itu didapatkan persentase degradasi penurunan kadar zat warna remazol pada limbah batik cucur semakin meningkat.

Semakin lama waktu yang digunakan, maka jumlah elektron yang tereksitasi semakin banyak, dan jumlah *remazol* yang teroksidasi akan semakin besar. Hasil degradasi limbah batik dapat dilihat dari gambar sebagai berikut:



(a) (b) (c)

Gambar 5. Hasil Fotodegradasi Limbah Batik Cucur; (a) Sebelum Fotodegradasi (b) sinar UV (30,60,90 menit), (c) Sinar Matahari (30,60,90 menit)

Berdasarkan **Gambar 5** dapat dilihat perbedaan degradasi limbah batik cucur dengan bantuan penyinaran lampu UV dan sinar matahari. Degradasi sinar matahari memiliki

kemampuan lebih besar dibandingkan dengan sinar lampu UV, hal ini dapat dilihat dari perubahan warna hasil degradasi limbah batik cucur, dimana berwarna bening kekuningan ketika di sinari sinar matahari. Berdasarkan tabel dan grafik juga terlihat limbah batik cucur dapat terdegradasi secara optimum pada waktu 90 menit dengan bantuan sinar matahari sebesar 93%.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa,

1. Sintesis TiO_2 pada ilmenit Bangka ditunjukkan terbentuknya fasa TiO_2 anatase pada suhu optimum sebesar 700°C .
2. Karakteristik fotokatalis TiO_2 ditunjukkan dengan adanya spektrum khas gugus Ti-O-Ti dan Ti-O pada serapan bilangan gelombang 795 cm^{-1} dan 2326 cm^{-1} dan adanya pola difraksi untuk kristal TiO_2 anatase pada (2θ) $48,9^\circ$, $53,53^\circ$, dan $53,92^\circ$ TiO_2 anatase pada fotokatalis TiO_2 pada ilmenit Bangka dengan suhu optimum sebesar 700°C .
3. Persentase optimum pengurangan fotodegradasi kadar zat warna *remazol brilliant blue* pada limbah batik cucur dengan waktu kontak 90 menit yang disinari sinar matahari mencapai 93,51%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT. Timah Tbk Unit Metalurgi Mentok.

REFERENSI

- Dwiasi, W.D, dan Setyaningtyas, T. (2014). *Fotodegradasi Zat Warna Tartazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis TiO_2 -Sinar Matahari*, Jurusan Kimia, Universitas Jendral Soedirman.
- Ermawati, R. (2016). *Laporan Peningkatan Nilai Tambah Hasil Samping Industri Timah (Ilmenite) Menjadi TiO_2 Sebagai Bahan Penolong Dalam Industri Kimia*, Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian.
- Gunlazuardi, J. (2001). *Fotokatalisis pada Permukaan TiO_2 : Aspek fundamental dan aplikasinya*. *Seminar Nasional Kimia Fisika II*. Jurusan kimia, FMIPA, Universitas Indonesia.

- Hilal, H.S., Majjad, I.Z., dan El-Hamouz, A. (2007). Dye effect in TiO₂ catalyzed contaminant photo degradation: Sensitization vs Charge-transfer Formalism, *Journal Solid Science*, 9(1), 9-15
- Magdalena, H. dan Santoso, H. (2016). Strategi Mengenal Motif Khas Kain Tenun Cual Bangka dengan AHP. *INFORMAL: Informatics Journal*, 1(3), 96-112
- Oediyani, S., Akbar, R., Milandia, A. (2014). Ekstraksi TiO₂ Pasir Besi Rancecet Pandeglang Melalui Proses Leaching HCl, Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tritayasa.
- Praveen, P., Viruthagiri, G., Mugundan. S., Shanmugam, N. (2014). Structural, optical and morphological analyses of pristine titanium di-oxide nanoparticles-Synthesized via sol-gel route, Department of Physics. *Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy*, 117, 622-629. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.09.037>
- Rahmawati, F., Wahyuningsih, S., dan Handayani, N. (2008). Modifikasi Permukaan Lapisan Tipis Semikonduktor TiO₂ Bersubstrat Grafit dengan Elektrodeposisi Cu. *Jurnal Kimia*. 8(3).
- Riyani. K., Setyaningtyas. T., dan Dwiasih. D.W. (2012). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Fotokatalisis TiO₂ Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari. *Jurnal Kimia*, 2(5).
- Rozi, T.Y., Astuti (2016). Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Sintesis Nanopartikel Silika Pantai Purus Kota Padang, *Jurnal Fisika Unand*. 5(4). 351-356.
- Sandi, Nurdandil, D., Afriani. F., Tiandho. Y. (2019) Pengaruh Jarak Plat Dalam Penjernihan Limbah Batik Cual Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat* 3. 12 - 14.
- Setiawan, B. (2012). Ekstraksi TiO₂ dari Ilmenite Bangka Melalui Senyawa Antara Amonium Perokso Titanat dan Uji Awal Fotoreaktivitasnya, *Skripsi*, Departemen Kimia, Universitas Indonesia.
- Solihin, Ciptasari. I.N., Arini, T. (2012). *Pembuatan Pigmen Titanium Dioksida Medium Klorida*, Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang.
- Sumarni, (2012). Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*.
- Sunardi, Irawati, U, Sybianti, N.R. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolin-TiO₂ Sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Zat Warna Rhodamine B, *Jurnal Ilmiah Berkala Sains dan Terapan Kimia*. 15(2). 118-129.
- Sutrisno, H., Arianingrum, R., dan Ariswan, (2005). Silikat dan Titanium Silikat Mesopori Mesostruktur Berbasis Struktur Heksagonal dan Kubik. *Jurnal Matematika dan Sains*. 10(2), 69-74.
- Tussa'adah. R. dan Astuti (2015). Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ Untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*. 4(2)
- Wahyuningsiha, S., Hidayatullaha, H., Pramonoa, E., Rahardjoa, S.B., Ramelanb, A.H., Firdiyonoc, F., Sulistiyono. E. (2014). Optimasi Pemisahan TiO₂ dari Ilmenite Bangka Dengan Proses Leaching Menggunakan HCl. *ALCHEMY*. 10(1), 54-68.
- Yaakob, Z., Gopalakrishnan, A., Padikkarambil, S. (2012). Nanogold Loaded, Nitrogen Doped TiO₂ Photocatalysts for the Degradation of Aquatic Pollutants Under Sun Light. *Solar Power*. 9, 157-170
- Yuliatun, L., Riyawati, A., Nuryono, (2019). Silika Bebas Natrium dari Limbah Sekam Padi sebagai Bahan Dasar Pembuatan Mineral Trioxide Aggregate, *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan* 1(1).