

Sintesis dan Karakterisasi TiO₂-Karbon Aktif Tempurung Kelapa sebagai *Photocatalyst Agent* dalam Pengolahan Limbah Cair Batik

Putri Dwi Anggraini^{1*}, Adhi Setiawan¹, Novi Eka Mayangsari¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : putrianggraini@student.ppns.ac.id

Abstrak

Produksi industri batik banyak menggunakan bahan kimia dan pewarna sintetis dalam proses produksinya. Limbah cair yang dihasilkan, apabila tidak diolah akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu metode alternatif dalam pengolahan limbah cair batik yaitu metode fotokatalis. Kelebihan metode fotokatalis yaitu dapat mendegradasi bahan anorganik dan bahan organik, biaya operasi yang rendah dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan sintesis dan karakterisasi TiO₂/C sebagai *photocatalyst agent* dalam pengolahan limbah cair batik. Karakterisasi yang digunakan meliputi pengujian kualitas arang aktif teknis, FTIR, dan XRD. Kualitas karbon aktif telah memenuhi (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu karbon aktif teknis powder. Pengujian XRD dari hasil sintesis didapatkan TiO₂ tipe *anatase*. Hasil pengujian FTIR karbon aktif terbaca gugus fungsi O-H, C=C, C-O dan gugus C-C. FTIR TiO₂ dan sintesis TiO₂/C terbaca gugus Ti-O-C dan Ti-O-Ti.

Kata Kunci : Fotokatalis, karakterisasi, TiO₂, karbon aktif tempurung kelapa

1. PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan dari industri tekstil semakin meningkat karena kebutuhan akan sandang sehingga menyebabkan pencemaran bagi lingkungan. Industri tekstil seringkali menggunakan pewarna sintetis untuk proses pewarnaannya. Pewarna sistesis yang digunakan pada industri tekstil bersifat *non biodegradable* atau sulit diurai oleh lingkungan. Selain itu aktivitas dari produksi industri tekstil diidentifikasi mengandung substansi yang berpengaruh besar pada kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*). Apabila limbah dari industri tekstil langsung dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu ini akan menjadi masalah serius yang berdampak ke lingkungan.

Beberapa teknologi konvensional pengolahan limbah industri tekstil yang telah banyak dikembangkan para peneliti antara lain klorinasi, ozonasi, dan biodegradasi (Naimah dkk., 2014). Akan tetapi teknologi tersebut sulit diterapkan di Indonesia dan memiliki biaya operasi yang relatif tinggi. Metode fotokatalis menjadi metode alternatif yang digunakan dalam mendegradasi bahan anorganik maupun bahan organik dan memiliki biaya operasi yang relatif rendah dan ramah lingkungan (Wang dkk., 2008).

Fotokatalis merupakan fotoreaksi yang menggunakan sinar UV dan katalis untuk mempercepat proses reaksi. Titanium dioksida merupakan salah satu fotokatalis yang aktivitasnya cukup tinggi (Brown dkk., 1992). TiO₂ menjadi material fotokatalis yang paling diminati karena memiliki beberapa kelebihan tidak beracun, aktifitas fotokataliknya tinggi, stabilitas yang tinggi, murah dan mudah didapatkan, memiliki kemampuan oksidasi yang tinggi dalam degradasi senyawa organik, serta tidak menghasilkan produk samping (Isnaeni dkk., 2010).

Penelitian tentang sintesis TiO₂/C pernah dilakukan oleh Andayani dan Sumartono (2006), katalis TiO₂/C yang disintesa dengan proses sol-gel dan diimmobilisasi pada pelat titanium, katalis TiO₂/C dibuat dengan rasio 8/2 dan 5/5. Selain itu penambahan karbon aktif dapat meningkatkan aktivitas katalitik dari TiO₂.

Penggunaan TiO₂ apabila tidak diimbangi oleh kemampuan dalam mengadsorb senyawa target dapat mengurangi kemampuan dari proses degradasi, sehingga proses degradasi tidak berjalan dengan baik atau kurang maksimal (Aji dkk., 2016). Oleh karena itu perlu adanya material pendukung untuk memaksimalkan kerja dari fotokatalitik dengan menggunakan material adsorpsi yang tinggi. Beberapa jenis material yang memiliki daya adsorpsi tinggi yaitu karbon aktif, zeolit, dan silica gel. Adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu karbon aktif yang berasal dari tempurung kelapa. Tempurung kelapa sebagai karbon aktif karena memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi, memiliki

daya serap yang tinggi, tidak berbahaya bagi lingkungan, dan mempunyai reaktivitas yang tinggi (Dhidan, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sintesis dan karakterisasi TiO_2/C dalam sebagai *photocatalyst agent* dalam pengolahan limbah cair batik. Hasil karakterisasi TiO_2/C dalam proses sintesis menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

2. METODE

A. Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dibersihkan dan dioven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 1 jam. Tempurung kelapa di karbonasi pada suhu $450^{\circ}C$ selama 3 jam. Karbon ditumbuk dan disamakan ukurannya hingga menjadi 200 mesh. Karbon yang lolos ayakan diaktivasi dengan menggunakan $ZnCl_2$ 10% direndam selama 24 jam. Karbon aktif disaring, dan dioven dengan suhu $105^{\circ}C$ selama 1 jam. Karbon setelah di oven, dicuci dengan aquades sampai pH netral, disaring dan dioven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian spesifik karbon aktif SNI 06-3730-1995, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

B. Sintesis TiO_2/C

TiO_2 dan karbon aktif ditimbang dengan perbandingan massa (100:0; 60:40; 50:50; 40:60; dan 0:100) dengan massa total 15 gram. Massa yang telah ditimbang kemudian ditambahkan aquades dan di aduk selama 5 jam, dan disonikasi selama 30 menit. Hasil sintesis TiO_2/C di oven pada suhu $120^{\circ}C$ selama 5 jam dan difurnace dengan suhu $300^{\circ}C$ selama 2 jam. Hasil dari proses sintesis TiO_2/C dilakukan pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Pengujian kualitas karbon aktif tempurung kelapa pada penelitian ini akan disamakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu karbon aktif teknis *powder* meliputi nilai kadar air, kadar zat yang mudah menguap, kadar abu, karbon aktif murni, dan daya serap iodin. Pengujian kualitas arang aktif digunakan sebagai indikator syarat mutu karbon aktif yang akan digunakan sebagai bahan adsorben. Kualitas arang aktif teknis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa

No.	Pengujian	Satuan	Syarat* [*]	Hasil Analisis
1	Kadar Air	%	Maks. 15	5
2	Bagian yang hilang pada pemanasan $950^{\circ}C$	%	Maks. 25	24,7
3	Kadar Abu	%	Maks. 10	6,9
4	Karbon Aktif Murni	%	Min. 65	68,4
5	Daya Serap Iodin	mg/g	Min. 750	824,18

Sumber : * Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995

Dari hasil pengujian kualitas arang aktif tempurung kelapa tersebut kemudian diverifikasi dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis berbentuk *powder*. Hasil karbon aktif tersebut digunakan sebagai proses sintesis TiO_2/C .

Kadar Air

Kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Menurut Esterina dan Herlina (2015), kadar air karbon aktif yang rendah menunjukkan keberhasilan aktivator kimia yaitu $ZnCl_2$ dalam mengikat molekul air yang terkandung dalam karbon aktif selama proses aktivasi. Kadar air mempengaruhi luas permukaan karbon aktif, sehingga semakin tinggi kadar air dalam karbon aktif, maka pori-pori dari karbon aktif tertutup oleh air. Hal ini akan berpengaruh terhadap luas permukaan dari karbon aktif (Fauziah, 2009).

Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat menguap pada karbon aktif merupakan banyaknya zat yang menguap pada suhu $950^{\circ}C$. Besarnya kadar zat mudah menguap mengarah kepada kemampuan daya serap dari arang aktif. Kadar zat mudah menguap yang tinggi akan mengurangi daya serap arang aktif tersebut (Verlina, 2014).

Kadar Abu

Kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang masih terdapat dalam karbon aktif tempurung kelapa. Besarnya nilai kadar abu dapat mempengaruhi daya serap arang aktif tersebut, baik gas maupun larutan karena kandungan mineral yang terdapat dalam abu seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium akan menyebar dalam kisi-kisi. Kadar abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Jamilatun dkk., 2015).

Karbon Aktif Murni

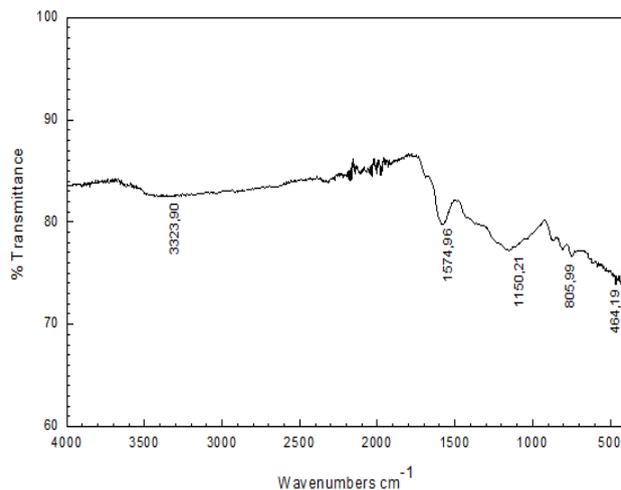
Kadar karbon murni bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon yang terikat setelah proses karbonasi dan aktivasi. Tingginya nilai karbon aktif murni di pengaruhi oleh kandungan selulosa dari bahan baku tempurung kelapa. Menurut Pari (2004) tinggi rendahnya kadar karbon terikat yang dihasilkan selain di pengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar abu dan zat terbang juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat dikonversi menjadi atom karbon.

Daya Serap Iodin

Karbon aktif yang memiliki kemampuan menyerap iodin yang lebih tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro pori dan mesopori yang lebih besar (Suzuki dkk., 2007). Semakin besar angka iodin maka semakin besar pula kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi adsorbat. Jadi semakin tinggi daya serap iodin karbon aktif maka semakin baik kualitas karbon aktif.

B. Hasil FTIR Karbon Aktif, TiO_2 dan Sintesis TiO_2/C

Karakterisasi menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari karbon aktif tempurung kelapa, TiO_2 , dan sintesis TiO_2/C . Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

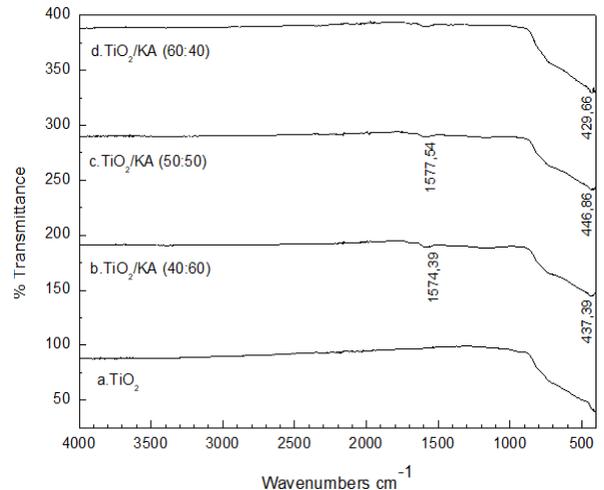


Gambar 2. Analisa Gugus Fungsi FTIR Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Gambar 2 merupakan hasil spektrum FTIR dari karbon aktif tempurung kelapa. Spektrum ini menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang $3323,90 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus hidroksil O-H atau air yang teradsorpsi pada karbon aktif. Bilangan gelombang $1574,96 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya vibrasi C=C *stretching band* karbon aktif tempurung kelapa. Pada serapan pita $1150,21 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus C-O. Serapan pada panjang gelombang $464,18 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya vibrasi C-C *stretching*.

Gambar 3.a memperlihatkan spektrum FTIR dari Titanium Dioksida (TiO_2). Pada spektrum tidak terbaca angka pada bilangan gelombang, akan tetapi dapat dilihat adanya serapan kuat yang berada dibilangan gelombang antara range $400-800 \text{ cm}^{-1}$ yang menandakan gugus Ti-O-Ti. Serapan kuat pada range tersebut menandakan adanya Titanium Dioksida.

Gambar 3 pada poin b dan c memperlihatkan spektrum FTIR hasil sintesis TiO_2/C . Hasil sintesis TiO_2/C terbaca pita serapan pada bilangan gelombang $1574,39 \text{ cm}^{-1}$ dan $1577,54 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya ikatan Ti-O-C yang adanya interaksi antara karbon dan TiO_2 yang merupakan interaksi fisika. Interaksi fisika dapat terjadi melalui gaya Van der Waals, dipol-dipol dan atau ikatan hidrogen ketika TiO_2 terdispersi ke permukaan karbon aktif. Terdapat pula serapan pada bilangan

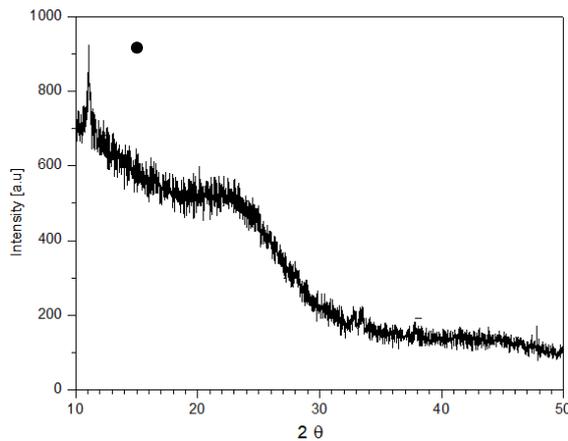


Gambar 3. Analisa Gugus Fungsi FTIR TiO_2 , dan Sintesis TiO_2 -Karbon Aktif Tempurung

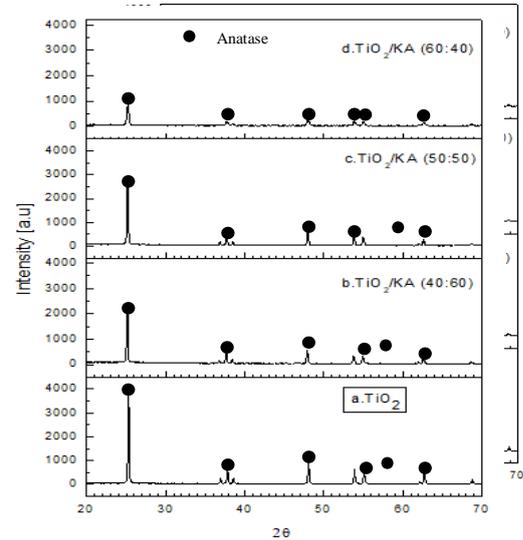
gelombang $437,39\text{ cm}^{-1}$ dan $446,86\text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya ikatan Ti-O-Ti yang menunjukkan adanya titanium dioksida. Gambar 3.d memperlihatkan spektrum FTIR sintesis TiO_2/C . Terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang $429,66\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan adanya ikatan Ti-O-Ti dari titanium dioksida.

C. Analisis XRD Karbon Aktif, TiO_2 , dan Sintesis $\text{TiO}_2\text{-C}$

Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk mengidentifikasi puncak dan tipe kristal sampel. Hasil XRD dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Analisa Gugus Fungsi XRD Karbon Aktif Tempurung Kelapa



Gambar 3. Analisa Gugus Fungsi XRD Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Pada Gambar 2 hasil difraktogram karbon aktif diketahui bahwa karbon aktif mempunyai bentuk amorf. Hal ini ditunjukkan pada pola XRD karbon aktif tempurung kelapa memperlihatkan hasil bentuk puncak tidak tajam dan jangkauan sudut yang lebar, hal ini menandakan bahwa sampel karbon aktif berbentuk amorf dan hasil telah diverifikasi dengan data JCPDS No. 00-023-0064. Dapat dilihat pula puncak yang terbentuk strukturnya bukan berbentuk kristal tetapi berbentuk amorf, karena struktur kristal biasanya memiliki banyak puncak yang periodik sedangkan dari hasil XRD terlihat satu puncak. Diketahui pula bahwa struktur kristal memiliki puncak-puncak energi yang tajam dan sempit bahkan satu buah garis lurus tetapi pada grafik tidak menunjukkan ciri-ciri struktur kristal. Sehingga dapat dikatakan bahwa struktur dari karbon aktif adalah amorf (Malik, 2013). Pada hasil XRD karbon aktif tempurung kelapa menghasilkan sudut puncak 2θ yang terbaca yaitu $11,06^\circ$.

Gambar 3.a.b.c.d hasil analisa XRD TiO_2 dan sintesis TiO_2/C yang telah diverifikasi berdasarkan data JCPDS no.21-1272 pada posisi dan letak $2\theta = 25,4^\circ, 38,1^\circ, 48,2^\circ, 53,9^\circ$ dan $55,1^\circ$ memiliki intensitas puncak yang merupakan ciri khas pola difraksi TiO_2 anatase. Berdasarkan hasil analisis dari sintesis TiO_2/C tersebut, dengan adanya penambahan karbon pada TiO_2 tidak berpengaruh terhadap perubahan pola difraksi sinar X dari TiO_2 karena karbon aktif terlihat pada sudut $11,06^\circ$, akan tetapi terjadi perubahan intensitas dari TiO_2 . Material hasil sintesis TiO_2/C menunjukan bahwa material hasil sintesis masih ke dalam fasa TiO_2 anatase. Dimana fasa anatase memiliki aktivitas yang lebih tinggi, memiliki luas permukaan lebih besar, dan ukuran partikel yang lebih kecil dari fasa yang lainnya (Matthews, 1992). Fasa anatase sangat cocok dan baik digunakan untuk aplikasi fotokatalis dalam limbah cair. Fase anatase digunakan dalam proses fotokatalis karena memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi dibandingkan dengan lainnya dan memiliki mobilitas elektron yang tinggi.

4. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi kualitas karbon aktif tempurung kelapa telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu karbon aktif teknis powder. Sintesis TiO_2/C telah berhasil dibuktikan dengan adanya data karakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi ikatan Ti-O-C yang berasal dari penambahan karbon aktif tempurung kelapa pada hasil sintesis. Hasil XRD setelah dilakukan sintesis dengan karbon aktif memiliki fase anatase.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Aji NR, Wibowo EAP, Ujiningtyas R, Mardiansyah EA, Sari TM, Rahmawati. 2016. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis TiO₂-Bentotit dan aplikasinya untuk penurunan BOD dan COD air embung Unnes. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kmia*, 2(2): 114-119.
2. Brown GN, Birks JW, Koval. 1992. Development and characterization of titanium-dioxid based semiconductors photoelectrochemical detector. *Analysis Chemistry*. 64(4): 427-434.
3. Isnaini, V.A., Arutati, O., Sustini, E., Aliah, H., Khairurijal dan abdullah, M. (2011): A Novel System for Producing Photocatalytic Titanium Dioxide Coated Fibers for Decomposing Organic Pollutants in Water, *Environ. Prog. Sustainable Energy*
4. Jamilatun Siti, Martomo Setyawan, 2015. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta*.
5. Naimah, S., dkk., 2014, Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂- Zeolit, *J. Kimia dan Kemaasan*, 36(2): 215-224.
6. Malik, Usman. 2013. Efek Suhu Terhadap Pembentukan Besaran Butiran Arang Karbon Tempurung Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Edu Research*. 2(1).
7. Matthews, S. G., 1992, Partial Metric Spaces, Research Report 212, BCTCS 8, Department of Computer Science, University of Warwick, United Kingdom.
8. Pari, G. 2004. Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergaji kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
9. Verlina, W.O.V., A.W. Wahab, dan Maming. 2014. *Potensi Arang Akif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, dan NO pada Kendaraan Bermotor*. Jurusan Kimia FMIPA Unhas. Makasar.
10. Wang, S., Terdkiatburana, T., Tad', M.O., 2008, Single and co-adsorption of heavy metals and humic acid on fly ash, *Separation and Purification Technology*, 58, 353-358.

Halaman ini sengaja dikosongkan