

# MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI CANGKANG JENGKOL DENGAN TiO<sub>2</sub> UNTUK FOTODEGRADASI RHODAMIN B

## MODIFICATION OF ACTIVATED CARBON FROM SHELLS OF JENGKOL WITH TiO<sub>2</sub> FOR PHOTODEGRADATION OF RHODAMINE B

Widya Rachmah Sari\*, Noor Hindryawati, RR Dirgarini Julia Nurlianti Subagyono  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123, Indonesia  
\*E-mail: widywidya13@gmail.com

Received: 08 March 2019, Accepted: 01 August 2019

### ABSTRACT

Modifying activated carbon from jengkol shells with TiO<sub>2</sub> to degrade Rhodamine B by UV irradiation has been done. Modification of KA-TiO<sub>2</sub> photocatalyst using the impregnation method. The photodegradation test of dyes was carried out with several parameters such as the variation of KA-TiO<sub>2</sub> catalyst weight and contact time. Photocatalyst characterization using X-ray diffraction (XRD), while for dye concentration using UV-Vis spectrophotometry. Diffractogram XRD shows that the activated carbon material after modification with TiO<sub>2</sub> metal is characterized by the emergence of typical TiO<sub>2</sub> peaks. The results showed that the highest percentage of Rhodamine B degraded by KA-TiO<sub>2</sub> was 94.11% with a contact time of 120 minutes and a catalyst weight of 1.5 grams.

**Keywords:** *Activated Carbon, TiO<sub>2</sub>, Dyestuffs, Photodegradation, UV*

### PENDAHULUAN

Senyawa zat warna tekstil yang dihasilkan umumnya dibuat dari senyawa azo. Jenis zat warna azo yang biasanya dipakai oleh para pengrajin tekstil adalah zat warna *Rhodamin B* yang merupakan zat warna mudah didapatkan dan relatif murah [1].

Metode fotokatalitik degradasi merupakan metode yang dapat mempercepat laju reaksi oksidasi maupun reduksi melalui reaksi fotokimia [2]. Metode tersebut efektif digunakan karena dapat menguraikan zat warna menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> [3]. Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan katalis semikonduktor. Semikonduktor TiO<sub>2</sub> memiliki energi celah senilai 3,2 eV yang cocok digunakan untuk proses katalisis, tidak beracun, harganya terjangkau dan melimpah di alam [4].

Salah satu usaha untuk membuat fotokatalisis dengan cara distribusi ukuran lebih baik adalah dengan mendispersikan partikel semikonduktor pada material pendukung padat seperti kaca, silika, karbon aktif, lempung dan zeolit [5]. Karbon aktif merupakan padatan pendukung yang baik untuk mendispersikan semikonduktor karena karbon aktif memiliki fungsi ganda yaitu sebagai absorben serta

sebagai fotokatalis [1]. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah biomassa mengandung karbon, salah satunya adalah limbah cangkang jengkol.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai proses fotodegradasi dengan penggunaan KA-TiO<sub>2</sub> menggunakan dua variasi yaitu berat dan waktu untuk degradasi zat warna *Rhodamin B*.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Alat

Peralatan yang digunakan terdiri dari peralatan gelas kaca, *bulp*, *hot plate*, labu alas leher 1, pipa kondensor, *shaker*, reaktor uji fotokatalitik, lampu UV (himawari 10 watt), *magnetic Stirrer*, batang pengaduk, spatula, neraca analitik, ayakan 100 mesh, oven, *furnace*, *ultrasonic cleaner* (Delta D86H), sonikator, reaktor fotokatalis, FT-IR Shimadzu NPCCA-601, XRD Shimadzu 700 dan Spektrofotometer UV-Vis Evolution 201.

#### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cangkang jengkol, aquades, larutan HCl 4 N, padatan TiO<sub>2</sub> (*Merck German*), padatan

*Rhodamin B*, larutan *methylene blue*, limbah kain tenun Samarinda (LKTS) berwarna merah.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi karbon aktif dengan cangkang jengkol

Preparasi karbon aktif dari cangkang jengkol dimulai dari tahap karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi cangkang jengkol dilakukan dengan cara dibakar dengan tanur pada suhu 350°C selama 1 jam dan aktivasi karbon aktif menggunakan paparan gelombang ultrasonik pada suhu 30°C selama 60 menit dan dilanjutkan dengan pencucian karbon aktif menggunakan aquades hingga pH netral [6].

#### Preparasi TiO<sub>2</sub>

TiO<sub>2</sub> diaktifasi dengan cara dipanaskan pada temperatur 500°C menggunakan oven selama 2 jam.

#### Pembuatan modifikasi karbon aktif dengan logam TiO<sub>2</sub>

Modifikasi fotokatalisis KA-TiO<sub>2</sub> dibuat dengan perbandingan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif (5:1) [7]. TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif selanjutnya dicampurkan ke dalam aquades, kemudian diletakkan dalam sonikator selama 30 menit dengan suhu 60°C dan disaring. Setelah itu KA-TiO<sub>2</sub> dikeringkan dalam oven dengan suhu 150°C selama 6 jam.

#### Karakterisasi KA-TiO<sub>2</sub>

##### Penentuan luas permukaan karbon aktif

Rumus menentukan luas permukaan karbon aktif sebagai berikut.

$$X_m = \frac{(C_0 - C_e) \times V \text{ larutan (L)}}{\text{Massa karbon aktif (gram)}}$$

Keterangan:

C<sub>0</sub> = Konsentrasi awal

C<sub>e</sub> = Konsentrasi akhir

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M_r}$$

Keterangan:

S = luas permukaan adsorben (m<sup>2</sup>/g)

X<sub>m</sub> = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

N = bilangan Avogadro (6,002 x 10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>)

A = luas permukaan oleh satu molekul *methylene blue* (197.10<sup>-20</sup> m<sup>2</sup>)

M<sub>r</sub> = massa molekul relatif *methylen blue* (319,86 g/mol) [8]

Pengujian luas permukaan dimulai dengan pengujian angka gelombang adsorpsi maksimum dan pembuatan kurva standar dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis [8].

Sebanyak 50 mL larutan *methylene blue* 300 ppm ditambahkan pada karbon aktif 0,3 gram ke dalam gelas kimia dan ditutup aluminium foil. Selanjutnya dihomogenkan dengan menggunakan *shaker* selama 60 menit. Kemudian disaring dan filtratnya diukur menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Hasil absorbansi digunakan untuk menentukan konsentrasi.

#### Fotodegradasi pada zat warna *Rhodamin B*

KA-TiO<sub>2</sub> sebanyak 1, 1,5 dan 2 gram dimasukkan ke dalam masing-masing 10 mL sampel zat warna *Rhodamin B* 100 ppm. Campuran kemudian dilakukan penyinaran lampu UV 10 watt dalam ruang tertutup dengan waktu kontak diatur selama berturut-turut yaitu 60; 120; 180 menit yang didapatkan dengan pengadukan menggunakan *shaker* agar reaksi fotokatalitik merata. Kemudian larutan KA-TiO<sub>2</sub> dan *Rhodamin B* dipisahkan dengan cara sentrifugasi selama 20 menit. Konsentrasi *Rhodamin B* selanjutnya diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum [9].

#### Pengolahan Data

Penentuan Persen Degradasi *Rhodamin B* dengan menggunakan rumus berikut.

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

% Degradasi = nilai persen degradasi *Rhodamin B*

C<sub>0</sub> = konsentrasi awal *Rhodamin B*

C = konsentrasi akhir *Rhodamin B* pada t menit

Setelah didapatkan nilai persen degradasi, kemudian dibuat grafik waktu kontak *versus* persen degradasi dan grafik berat katalis *versus* persen degradasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol

Preparasi karbon aktif dari cangkang jengkol dimulai dari proses karbonasi yang bertujuan untuk mengubah limbah cangkang jengkol menjadi karbon, karbonasi dilakukan pada suhu 350°C selama 1 jam, karena pada suhu tersebut dapat menghasilkan karbon dengan nilai persen rendemen optimum. Pada penelitian ini, tahap karbonasi menghasilkan produk karbon berwarna hitam pekat dan tidak berbau dengan nilai persen rendemen sebesar 18,15%.

Pada proses aktivasi karbon, digunakan paparan gelombang ultrasonik pada suhu 30°C selama 30 menit. Karena aktivasi tersebut dapat

mengangkat zat pengotor/oksida logam yang menutupi pori sehingga dapat dihasilkan karbon dengan luas permukaan yang lebih besar [6].

### Modifikasi dan Karakterisasi Karbon aktif dengan Logam TiO<sub>2</sub>

Sebelum karbon aktif dimodifikasi dengan TiO<sub>2</sub>, dilakukan preparasi TiO<sub>2</sub> terlebih dahulu untuk menghilangkan *moisture* yang ada di dalam TiO<sub>2</sub>. Suhu pemanasan 500°C mampu menghilangkan *moisture* di dalam TiO<sub>2</sub> dan merubah struktur TiO<sub>2</sub> yang masih dalam bentuk amorf menjadi kristalin agar struktur TiO<sub>2</sub> yang digunakan memiliki aktivitas fotokatalis yang baik [10].

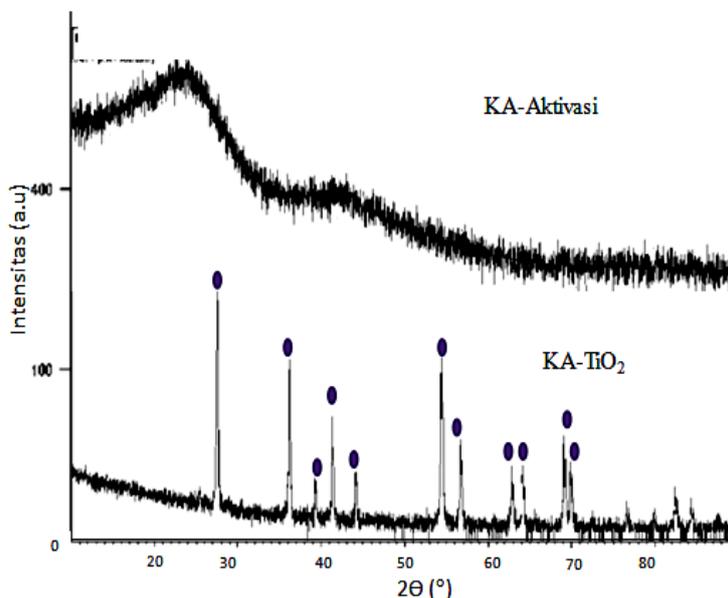
Modifikasi karbon aktif dengan logam TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan perbandingan karbon aktif dan TiO<sub>2</sub> 1:5. Perbandingan tersebut merupakan perbandingan optimum yang dapat memberikan produk dengan karakteristik kimia dan fisika yang paling baik[7]. Selanjutnya proses refluks dilanjutkan dengan sonikator agar pencampuran material lebih maksimal dan mengurangi terjadinya penggumpalan. Luas permukaan material karbon sebelum dan sesudah diaktivasi serta karbon aktif termodifikasi TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil luas permukaan karbon sebelum dan sesudah aktivasi serta karbon aktif termodifikasi TiO<sub>2</sub>

Sampel	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
Karbon	55,633
Karbon aktif (KA)	118,871
KA-TiO <sub>2</sub>	80,521

Berdasarkan data pada tabel 1, aktivasi karbon meningkatkan luas permukaan material 53% lebih besar dari luas permukaan sebelum aktivasi. Namun, setelah dilakukan modifikasi dengan TiO<sub>2</sub> (KA-TiO<sub>2</sub>) luas permukaan material menjadi berkurang sebesar 32% dengan nilai luas permukaan 80,521 m<sup>2</sup>/g yang menandakan bahwa TiO<sub>2</sub> telah tersisipkan pada material karbon aktif. Untuk mengetahui berhasil atau tidaknya pembuatan komposit KA-TiO<sub>2</sub> maka dilakukan karakterisasi menggunakan XRD.

Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui perbandingan struktur kristal katalis antara karbon aktif sebelum modifikasi dan karbon aktif yang telah dimodifikasi dengan TiO<sub>2</sub>.



**Gambar 1.** Difraktogram karbon aktif sebelum modifikasi dan setelah dimodifikasi dengan TiO<sub>2</sub> (nilai 2θ)

Pada pola difraksi karbon aktif sebelum modifikasi tidak menunjukkan adanya puncak tajam, yang menandakan bahwa karbon aktif tidak berbentuk kristal, tetapi berbentuk amorf sesuai dengan data JCPDS, No. 00-023-0064.

Pada KA-TiO<sub>2</sub> diperoleh data yang menunjukkan bahwa karbon aktif telah terimpregnasi dengan baik oleh TiO<sub>2</sub>, hal ini ditunjukkan adanya

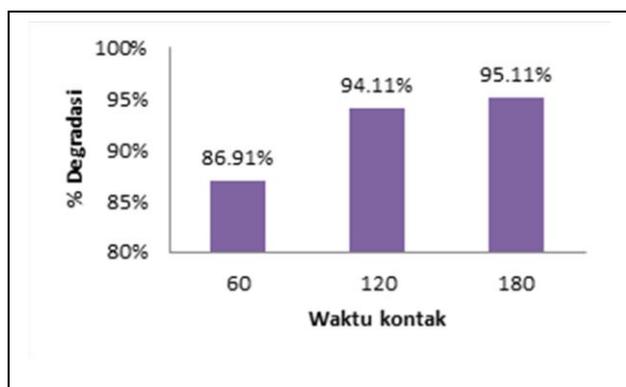
puncak-puncak pada difraktogram yang menandakan keberadaan TiO<sub>2</sub> dengan struktur rutil.

Pada kedua data XRD yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa material karbon aktif telah berhasil dimodifikasi dengan logam TiO<sub>2</sub>, yang ditandai dengan adanya perubahan struktur karbon aktif yang amorf menjadi kristalin ketika dilakukan penambahan logam TiO<sub>2</sub> dan adanya puncak khas

TiO<sub>2</sub> pada sampel karbon aktif termodifikasi pada hasil pembacaan aplikasi *MATCH!*. Difraksi dari TiO<sub>2</sub> rutil terdapat pula pada data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) atau ICDD (*The International Centre for Diffraction Data*) no. 21-1276.

### Fotodegradasi pada Zat Warna Rhodamin B menggunakan KA-TiO<sub>2</sub>

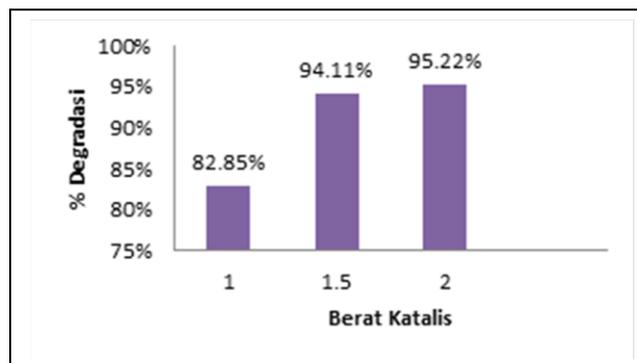
Dari gambar 2. didapatkan data persentase degradasi yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak yang diberikan. Pada waktu kontak 60 menit, didapatkan persentase degradasi sebesar 86,91% dan terus meningkat hingga waktu kontak 120 menit mencapai 94,11%. Peningkatan nilai persen degradasi disebabkan oleh lama penyinaran yang merupakan salah satu faktor penyebab kenaikan persen degradasi zat warna. Semakin lama waktu penyinaran maka akan meningkatkan energi *foton* yang dihasilkan [11].



**Gambar 2.** Kurva waktu optimum degradasi Rhodamin B dengan berat katalis 1,5 gram dan konsentrasi Rhodamin B 100 ppm

Selanjutnya, dilakukan variasi berat katalis (%) untuk melihat efektifitas dari katalis dalam mendegradasi zat warna Rhodamin B, seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa pada variasi berat katalis 1 gram memiliki persentase degradasi terendah yakni senilai 82,85%, dan 1,5 gram memiliki persentase degradasi yang meningkat menjadi 94,11%, sedangkan untuk variasi berat katalis 2 gram memiliki kenaikan persentase degradasi yang tidak berbeda jauh yaitu 95,22%. Dengan jumlah berat katalis 1 gram tidak efektif mendegradasi zat warna karena situs aktif pada katalis tidak cukup untuk proses fotodegradasi zat warna dengan waktu 120 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada uji fotodegradasi zat warna Rhodamin B menunjukkan keadaan berat optimum katalis pada 1,5 gram.



**Gambar 3.** Kurva berat optimum degradasi Rhodamin B 100 ppm selama 120 menit

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa modifikasi karbon aktif dengan logam TiO<sub>2</sub> ditandai dengan puncak khas TiO<sub>2</sub> berbentuk rutil.

Fotodegradasi zat warna Rhodamin B 100 ppm diperoleh berat katalis optimum 1,5 gram dengan lama penyinaran selama 120 menit dengan persentase degradasi sebesar 94,11%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyadi, W. 2008. *Analisis & aspek kesehatan bahan tambahan pangan*. Bumi aksara: Jakarta.
- [2] Palupi, E. 2006. Degradasi Methylene Blue Dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO<sub>2</sub>. *Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, IPB, Bogor*.
- [3] Slamet, Ellyana, M., dan Bismo, S. 2006. Modifikasi zeolit alam lampung dengan fotokatalis tio<sub>2</sub> melalui metode sol-gel dan aplikasinya untuk penyisihan fenol. *Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia..*
- [4] Joshi, A., & Shirivastva, J. 2010. *Electrochemistry: Nanoelectrochemistry*. Inggris: Royal Society of Chemistry Publishing.
- [5] Tayade, R., Kulkarni, Jasra. 2007. Enhanced photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub>-Coated NaY and HY zeolites for the degradation of methylene blue in water. *Ind. Eng. Chem. Res.* 46:369-37.
- [6] Hariati. 2017. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) Melalui Bantuan Gelombang Ultrasonik Sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia. *Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA UNMUL*.

- [7] Riyani, K., dan Setyaningtyas, T. 2011. Pengaruh karbon aktif terhadap aktivitas fotodegradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub>. *FMIPA Kimia Universitas Jenderal Soedirman*. 6(2), 113–122.
- [8] Labanni. 2015. Sintesis dan karakteristik karbon nanopori ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dengan aktivator ZnCl<sub>2</sub> melalui iradiasi ultrasonik sebagai bahan penyimpan energi elektrokimia. *Jurnal: Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin, Makassar*.
- [9] Indramawan, R. 2016. Preparasi dan karakterisasi komposit CuO-zeolit alam untuk fotodegradasi zat warna Congo Red dengan sinar ultraviolet. *Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*.
- [10] Rofiatun, N. 2013. Preparasi dan karakterisasi titanium dioksida dalam lingkungan basa kuat natrium hidroksida. *Skripsi. Yogyakarta: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*.
- [11] Andari, D.N., dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit untuk degradasi metilen biru. *Chem. Prog.*