

# KARAKTERISASI TiO<sub>2</sub>/KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI DAN UJI ADSORPSI-NYA TERHADAP LIMBAH TETRASIKLIN (C<sub>22</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)

Fristica Deswardani<sup>1</sup>, Damris Muhammad<sup>2</sup>, Poni Dwi Manda<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, 36361, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, 36361, Indonesia

\*email: vonidwimanda@gmail.com

## ABSTRAK

TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif dari ampas kopi telah berhasil dilakukan. Sampel karbon aktif diuji kualitasnya dengan melakukan uji kadar air, kadar abu dan daya serap Iod yang selanjutnya dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Uji kadar air karbon aktif ampas kopi adalah 13,8 % (SNI: maks 15%), kadar abu adalah 9,7% (SNI: maks 10%), dan daya serap Iod adalah 1.173,8 mg/g (SNI: min 750 mg/g). Ketiga uji menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif sudah sesuai dengan SNI. Selanjutnya, TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan nilai energi gapnya dan menunjukkan hasil nilai energi gapnya yaitu sebesar 3 eV. Hasil Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk sampel karbon aktif ampas kopi menunjukkan puncak serapan untuk gugus C-H (2934,16 cm<sup>-1</sup>), C=C (1581,75 cm<sup>-1</sup>), C-O (1236,37 cm<sup>-1</sup>) dan C-C (580,91 cm<sup>-1</sup>) yang merupakan khas ikatan vibrasi karbon aktif. Keberadaan air juga masih dapat dilihat dengan adanya puncak serapan O-H (3674,95 cm<sup>-1</sup>). Pada sampel TiO<sub>2</sub> murni terdapat puncak serapan milik Ti-O-Ti (600,94 cm<sup>-1</sup> dan 493,10 cm<sup>-1</sup>). Pada sampel TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif juga terdapat puncak serapan Ti-O-Ti (600,94 cm<sup>-1</sup> dan 524,64 cm<sup>-1</sup>) yang menunjukkan keberadaan TiO di dalam sampel. Puncak serapan oleh Ti-O-C yang merupakan gugus fungsi khusus milik TiO<sub>2</sub> juga muncul pada bilangan gelombang 1505,63 cm<sup>-1</sup>. Hasil uji adsorpsi menunjukkan persentase degradasi yang relatif rendah untuk variasi waktu 4, 5, dan 6 jam berturut-turut yaitu 8,5%, 2,71% dan 28,84%.

Kata Kunci: Ampas kopi; energi gap; gugus fungsi; TiO<sub>2</sub>/karbon aktif; uji adsorpsi

## ABSTRACT

[Characterization of TiO<sub>2</sub>/Activated Carbon From Coffee Grounds and Its Adsorption Test against Tetracycline Waste (C<sub>22</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)] TiO<sub>2</sub>/Activated carbon from coffee grounds has been successfully carried out. Activated carbon samples were tested for quality by testing water content, ash content and Iod absorption which were then compared with Indonesian National Standard (SNI) 06-3730-1995. The water content of coffee grounds activated carbon was 13.8% (SNI: max 15%), ash content 9.7% (SNI: max 10%) and Iod absorption was 1,173.8 mg/g (SNI: min 750 mg/g). The three tests show that the quality of activated carbon is in accordance with SNI. Furthermore, TiO<sub>2</sub>/activated carbon was characterized by UV-Vis spectrophotometer to determine the value of energy gap that is 3 eV. The results of Fourier Transform Infra Red (FTIR) for coffee grounds activated carbon samples showed absorption peaks of C-H (2934.16 cm<sup>-1</sup>), C=C (1581.75 cm<sup>-1</sup>), C-O (1236.37 cm<sup>-1</sup>) and C-C (580.91 cm<sup>-1</sup>) which is a typical bond vibration of activated carbon. The presence of water can still be seen by the presence of an O-H absorption peaks (3674.95 cm<sup>-1</sup>). In the pure TiO<sub>2</sub> sample, there are absorption peaks belonging to Ti-O-Ti (600.94 cm<sup>-1</sup> and 493.10 cm<sup>-1</sup>) which indicate the presence of TiO<sub>2</sub> in the samples. In the TiO<sub>2</sub>/activated carbon sample, there are also Ti-O-Ti absorption peaks (600.94 cm<sup>-1</sup> and 524.64 cm<sup>-1</sup>) which indicate the presence of TiO<sub>2</sub> in the sample. Then there is also an absorption peaks of Ti-O-C (1505.63 cm<sup>-1</sup>) which is a typical absorption of TiO<sub>2</sub> that has bonded with activated carbon. The adsorption test results showed a relatively low percentage of degradation, namely for time variations of 4, 5, and 6 hours were 28.5%, 28.71% and 28.84%, respectively.

Keywords: coffee grounds; gap energy; functional groups; TiO<sub>2</sub>/activated carbon,; adsorption test

## PENDAHULUAN

Semikonduktor menjadi salah satu jenis material yang paling banyak diamati karena karakteristik yang dimilikinya. Dimana semikonduktor memiliki konduktivitas diantara bahan isolator dan konduktor yaitu  $10^{-5} < \rho < 10^5 \Omega \cdot \text{m}^{-1}$ . Semikonduktor merupakan material yang memiliki pita valensi yang terisi penuh, seperti halnya isolator namun memiliki energi gap yang kecil. Pada suhu 0 Kelvin semikonduktor dapat berperilaku seperti isolator dan saat suhu dinaikkan kesuhu ruang semikonduktor dapat berperilaku seperti konduktor (Gautreau dan Savin, 2006).

Salah satu semikonduktor yang banyak diamati dan diteliti adalah  $\text{TiO}_2$ .  $\text{TiO}_2$  memiliki energi gap yang relatif kecil disekitar 3,2 eV, stabil terhadap cahaya, tidak beracun, memiliki kemampuan oksidasi yang tinggi dan non-korosif (Agustin dkk, 2013).  $\text{TiO}_2$  dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti fotokatalis, DSSC, sensor dan lain-lain.

Dalam aplikasi untuk fotokatalis dan DSSC, dibutuhkan kemampuan bahan dalam menyerap energi sinar matahari.  $\text{TiO}_2$  sendiri hanya efektif bekerja pada panjang gelombang UV, yang berarti hanya 5% dari energi cahaya matahari yang dapat diserap dengan baik oleh  $\text{TiO}_2$ . Untuk mengoptimalkan kinerja  $\text{TiO}_2$  dalam menyerap energi cahaya matahari, maka diperlukan modifikasi berupa pemberian doping. Salah satu doping yang dapat digunakan adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan bahan yang mampu menjadi media adsorpsi yang dapat membantu  $\text{TiO}_2$  mengadsorpsi senyawa target dengan baik dan mampu membantu  $\text{TiO}_2$  menyerap energi cahaya matahari secara optimal. Karbon aktif bersifat tidak beracun, harganya relatif murah, dan mudah didapat. Karbon aktif dapat dibuat dari ampas kopi. Ampas kopi merupakan limbah yang mudah ditemukan dan biasanya tidak dimanfaatkan secara optimal. Terutama saat ini banyak sekali ditemukan tempat usaha yang menjual kopi. Namun, limbah yang dihasilkan tidak diolah dan hanya dibuang. Oleh sebab itu, dengan mengolah ampas kopi menjadi karbon aktif akan menjadikan limbah ampas kopi lebih bermanfaat.

Salah satu kemampuan yang dioptimalkan pada  $\text{TiO}_2$  setelah ditambahkan dengan karbon aktif adalah membantu mengadsorpsi senyawa target dengan baik. Dalam hal ini senyawa target dapat berupa senyawa yang terkandung pada limbah, sehingga kandungan senyawa polutan dalam limbah dapat berkurang dan limbah dapat menjadi air bersih. Salah satu limbah yang menjadi perhatian saat

ini adalah limbah yang berasal dari limbah medis. Salah satunya adalah antibiotik tetrasiklin yang cukup banyak digunakan dalam pengobatan. Namun, tetrasiklin tidak teradsorpsi secara sempurna dalam pengobatan, sehingga 70-90% tetrasiklin dibuang dari tubuh manusia menjadi urin dan feses. Hal ini menjadikan terdapat limbah tetrasiklin di tanah ataupun air tanah.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis  $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif yang berasal dari ampas kopi khususnya jenis arabika. Hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR (Fourrier Transform Infra Red) untuk melihat energi gap serta gugus fungsi dari  $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif. Sebelumnya Karbon aktif yang berasal dari limbah ampas kopi juga diuji kualitasnya. Kemampuan sampel dalam mengadsorpsi senyawa target kemudian dilakukan dengan uji adsorpsi terhadap limbah tetrasiklin.

## METODE

### Pembuatan Karbon aktif

Ampas kopi disiapkan dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Kemudian diayak dan selanjutnya diaktivasi dengan pemanasan menggunakan furnace pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 90 menit. Ampas kopi kemudian didinginkan dan disimpan dalam desikator. Setelah itu, ampas kopi direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam dan ditiriskan. Sampel kemudian dicuci dengan Aquades hingga pH netral. Sampel selanjutnya diopen pada suhu  $98^\circ\text{C}$  hingga kering. Selanjutnya karbon aktif diuji kadar air, kadar abu dan daya serap ionnya untuk menentukan kualitas karbon aktif (Huda dkk, 2015).

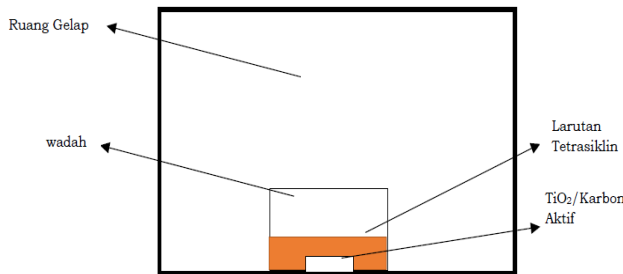
### Sintesis $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif

Sintesis  $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif ampas kopi dilakukan dengan menyiapkan  $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif (1:1) dengan massa total 15 gr ditambahkan 100 ml aquades diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 5 jam dan disonikasi selama 30 menit. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas Whatmen 42. Selanjutnya  $\text{TiO}_2$ /Karbon aktif dioven pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 5 jam hingga kering dan difurnace pada suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 2 jam (Angraini dkk, 2016). Sampel selanjutnya diuji UV-Vis untuk melihat energi gap-nya dan uji FTIR untuk melihat gugus fungsi sampel.

### Uji Adsorpsi oleh $\text{TiO}_2$ /Karbon terhadap Limbah Tetrasiklin

Uji ini dilakukan dalam kondisi tertutup tanpa cahaya matahari (Gambar 1). Pertama-tama

disiapkan gelas beaker yang telah berisi larutan Tetrasiklin 50 mg/l sebanyak 30 mL. Tiap-tiap gelas beaker kemudian dimasukkan 0,05 g TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif. Selanjutnya gelas beaker tersebut diletakkan kedalam kotak yang dapat ditutup. Lama waktu pengujian divariasikan yaitu selama 0, 4, 5, dan 6 jam.



**Gambar 1.** Ilustrasi proses uji adsorpsi tanpa cahaya matahari

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kualitas Karbon Aktif Ampas Kopi**

Pengujian kualitas karbon aktif ampas kopi pada penelitian ini telah dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu karbon aktif teknis serbuk yang meliputi nilai kadar air, kadar abu dan daya serap Iod. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kualitas karbon aktif ampas kopi

| No | Pengujian      | Satuan | SNI     | Hasil Uji |
|----|----------------|--------|---------|-----------|
| 1  | Kadar air      | %      | Maks 15 | 13,8      |
| 2  | Kadar abu      | %      | Maks 10 | 9,7       |
| 3  | Daya serap Iod | mg/g   | Min 750 | 1.173,8   |

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa ketiga hasil pengujian sudah memenuhi SNI 06-3730-1995. Untuk kadar air maksimal 15% untuk SNI, dan hasil uji menunjukkan karbon aktif ampas kopi sebesar 13,8%. Dimana kadar air karbon aktif ampas kopi ini sudah memenuhi SNI. Penetapan kadar air ini bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorban sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal.

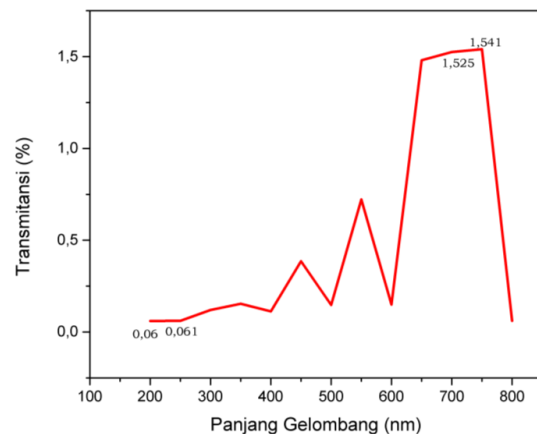
Selanjutnya untuk kadar abu hasil uji menunjukkan nilai sebesar 9,7 %, dimana nilai ini sudah memenuhi SNI. Kadar abu ini dilakukan untuk mengetahui kandungan sisa mineral dalam karbon aktif yang tidak dibuang saat karbonasi dan aktivasi. Mineral yang masih tersisa akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga mempengaruhi adsorpsi yang terjadi (Moelyaningrum, 2019). Nilai kadar abu yang masih

memenuhi SNI ini menunjukkan bahwa penyumbatan yang terjadi pada pori-pori karbon aktif tidak banyak.

Untuk uji Iod dihasilkan sebesar 1.173,8 mg/g, dimana nilai ini sudah memenuhi standar SNI yaitu minimal 750 mg/g. Uji iod ini merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Semakin tinggi angka Iod maka semakin baik karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul yang kecil atau zat dalam fasa cair (Moelyaningrum, 2019).

**Karakterisasi TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif menggunakan Spektrofotometer UV-Vis**

Karakterisasi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui sifat optis dalam hal ini adalah transmitansinya, serta untuk menentukan nilai energi gap sampel. Data transmisi dilakukan dengan panjang gelombang 200 nm – 800 nm. Transmittansi merupakan pengukuran cahaya yang melewati medium. Grafik transmisi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.

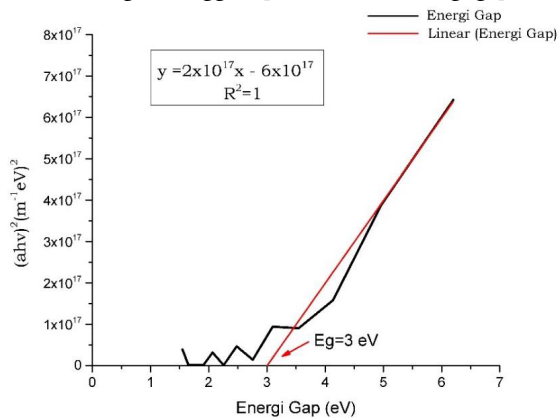


**Gambar 2.** Grafik transmisi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa grafik transmisi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif menunjukkan data transmisi maksimum dan transmisi minimum. Untuk transmisi maksimum 1 dan maksimum 2 berturut-turut adalah 154,1 dan 152,5 dengan panjang gelombang 750 nm dan 700 nm. Sementara, transmisi minimum 1 dan minimum 2 adalah 0,061 dan 0,06 dengan panjang gelombang 200 nm dan 250 nm. Hal ini menunjukkan bahwa transmisi minimum berada pada kisaran panjang gelombang sinar Ultra Violet (UV) (100 – 400 nm) dan transmisi maksimum di kisaran panjang gelombang cahaya tampak (400 – 800 nm).

Nilai transmitansi yang kecil menunjukkan bahwa terdapat gelombang cahaya yang sedikit diteruskan, demikian pula transmitansi yang tinggi menunjukkan banyaknya gelombang cahaya yang diteruskan oleh sampel. Pada kondisi dimana transmitansi maksimum, maka sampel menyerap sedikit energi foton untuk dapat membuat elektron di pita valensi berpindah ke pita konduksi. Terlihat pada Gambar 2 bahwa pada panjang gelombang 450 nm, 550 nm, 700 nm dan 750 nm terjadi kenaikan transmitansi. Hal ini menunjukkan bahwa sampel mampu menyerap energi foton secara optimum pada panjang gelombang cahaya tampak.

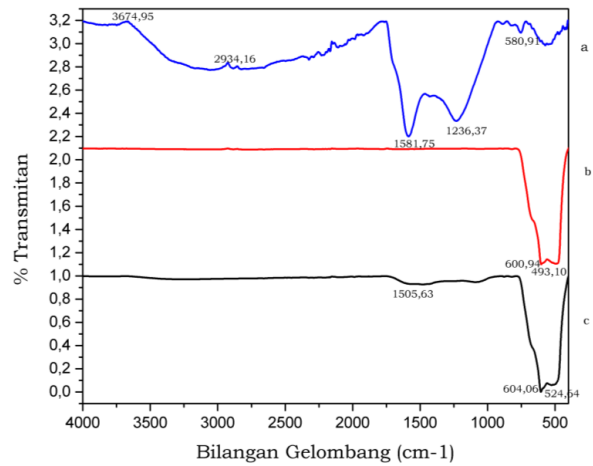
Data transmitansi tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai energi gap sampel, dengan menggunakan persamaan Swanepoel dan metode Touc Plot. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara energi gap terhadap koefisien yang diserap pada foton ( $h^2$ ) sebagai koordinat hingga memotong sumbu energi sehingga diperoleh nilai energi gap.



**Gambar 3.** Nilai energi gap TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

Berdasarkan Gambar 3 maka dapat diketahui bahwa nilai energi gap TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif adalah 3 eV. Nilai energi gap ini relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai energi gap TiO<sub>2</sub> murni yaitu sebesar 3,2 eV (Riyani dkk, 2012). Hal ini menunjukkan penambahan karbon aktif menyebabkan terjadinya penurunan nilai energi gap pada TiO<sub>2</sub>. Penambahan karbon aktif menyebabkan terbentuknya level energi baru pada pita energi, sehingga menyebabkan elektron di pita valensi lebih mudah berpindah ke pita konduksi (Agustin dkk, 2013).

**Karakterisasi TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif Menggunakan FTIR**



**Gambar 4.** Spektrum FTIR (a) Karbon aktif, (b) TiO<sub>2</sub>, (c) TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

**Tabel 2.** Identifikasi Vibrasi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

| Sampel                         | Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> ) | Gugus fungsi   |
|--------------------------------|--|----------------|
| Karbon aktif                   | 3674,95                                | O-H            |
|                                | 2934,16                                | C-H            |
|                                | 1581,75                                | C=C stretching |
|                                | 1236,37                                | C-O            |
|                                | 580,91                                 | C-C stretching |
| TiO <sub>2</sub>               | 600,94 dan 493,10                      | Ti-O-Ti        |
| TiO <sub>2</sub> /Karbon aktif | 600,94 dan 524,64                      | Ti-O-Ti        |
|                                | 1505,63                                | Ti-O-C         |

Berdasarkan Gambar 4 (a) dan Tabel 2 diketahui bahwa pada sampel karbon aktif terjadi vibrasi gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang pada 3674,95 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, hal ini menunjukkan adanya kandungan air didalam sampel (Kongsong, P, dkk, 2014). Bilangan gelombang 2934,16 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya gugus fungsi C-H dan 1581,75 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya gugus fungsi C=C stretching. Bilangan gelombang 1236,37 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya gugus fungsi C-O dan bilangan gelombang 580,91 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi C-C (Fan dkk, 2012).

Selanjutnya pada Gambar 4 (b) merupakan kurva FTIR untuk TiO<sub>2</sub> murni. Pada bilangan gelombang 600,94 cm<sup>-1</sup> dan 493,10 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus fungsi Ti-O-Ti. Daerah serapan 400 – 800 cm<sup>-1</sup> menunjukkan ikatan pada bulk titania (Omri, 2014). Selanjutnya pada Gambar 4 (c) merupakan kurva FTIR sampel TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif. Terdapat bilangan gelombang pada 1505,63 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ikatan vibrasi antara Ti-O-C (Lubis dkk,

2016). Munculnya gugus fungsi Ti-O-C ini menunjukkan adanya keberadaan karbon aktif yang telah berikatan dengan TiO<sub>2</sub>. Selain itu, pada bilangan gelombang 524,64 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya ikatan Ti-O-Ti yang menunjukkan keberadaan TiO<sub>2</sub>.

### Hasil Uji Adsorpsi oleh TiO<sub>2</sub>/Karbon terhadap Limbah Tetrasiklin

Uji adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif ke dalam limbah Tetrasiklin, wadah kemudian diletakkan dalam ruang yang tidak disinari dengan cahaya matahari atau dalam kondisi gelap. Lama waktu sampel dalam kondisi gelap tersebut divariasikan yaitu selama 0, 4, 5, dan 6 jam. Limbah sebelum dan setelah diuji adsorpsi kemudian diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat nilai absorbansinya. Tabel 3 menunjukkan nilai absorbansi limbah sebelum dan setelah diuji adsorpsi beserta persentase degradasinya.

**Tabel 3.** Nilai absorbansi dan persentase degradasi limbah Tetrasiklin sebelum dan setelah diuji adsorpsi

| Waktu uji (jam) | Absorbansi     |                | Degradasi (%) |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|
|                 | A <sub>o</sub> | A <sub>t</sub> |               |
| 0               | 1,52           | 1,52           | 0             |
| 4               | 1,52           | 1,06           | 28,58         |
| 5               | 1,52           | 1,08           | 28,71         |
| 6               | 1,52           | 1,09           | 28,84         |

Dalam proses adsorpsi terdapat beberapa mekanisme yang terlibat, melibatkan interaksi antara limbah organik dan gugus fungsi dari karbon aktif melalui interaksi  $\pi$ - $\pi$ , ikatan hydrogen, interaksi elektrostatik dan interaksi hidrofobik. Penambahan TiO<sub>2</sub> dengan karbon aktif menyebabkan terjadi penambahan titik aktif untuk menjerat senyawa organik limbah (Cai, X., dkk, 2017).

Pada Tabel 3 terlihat bahwa sebelum sampel diuji adsorpsi nilai absorbansinya adalah 1,52 dan setelah diberi TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif terjadi perubahan nilai absorbansi dimana pada waktu 4 jam senilai 1,06, selama waktu 5 jam senilai 1,08, dan selama waktu 6 jam senilai 1,09. Terlihat bahwa nilai absorbansi ketiga waktu tersebut sama-sama mengalami penurunan jika dibandingkan sebelum diuji adsorpsi. Namun lamanya waktu inkubasi tidak menunjukkan perubahan nilai absorbansi yang signifikan. Dimana persentase degradasi pada waktu 4, 5, dan 6 jam berturut-turut adalah 28,58%, 28,71% dan 28,84%. Terlihat bahwa persentase degradasi ketiga lama waktu perendaman ini berada

pada nilai persentase yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif pada limbah Tetrasiklin selama uji adsorpsi belum bekerja secara optimal.

### KESIMPULAN

Dalam penelitian ini diperoleh hasil uji kualitas karbon aktif dari ampas kopi sudah memenuhi SNI 06-3730-1995. Setelah TiO<sub>2</sub> ditambah karbon aktif diperoleh energi gap sebesar 3 eV. Gugus fungsi untuk sampel karbon aktif menunjukkan adanya gugus O-H, C-H, C=C, C-O, dan C-C. Untuk TiO<sub>2</sub> murni memiliki puncak serapan gugus Ti-O-Ti. Sedangkan sampel TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif memiliki gugus fungsi Ti-O-Ti dan Ti-O-C yang menunjukkan adanya ikatan antara karbon aktif dan TiO<sub>2</sub>. Hasil uji adsorpsi menunjukkan persentase degradasi yang relatif rendah yaitu untuk variasi waktu 4, 5, dan 6 jam berturut-turut yaitu 28,58%, 28,71% dan 28,84%. Pemberian TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif pada limbah Tetrasiklin selama uji adsorpsi belum bekerja secara optimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, T, Prasetya, N. B.A., dan Widodo, D.S., 2013, Sintesis Komposit TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif Untuk Fotokatalisis Larutan Zat Warna Direct Blue 19 dan Ion Logam Pb<sup>2+</sup> dan Cd<sup>2+</sup> Secara Simultan, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 16(3): 102–7.
- Anggraini, P.D., Setiawan, A., dan Mayangsari, N.E., 2016, Sintesis dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Photocatalyst Agent Dalam Pengolahan Limbah Cair Batik. (2623): 99–104.
- Cai, X., Li, J., Liu, Y., Yan, Z., Tan, X., Liu, S., Zeng, G., Gu, Y., Hu, X., dan Jiang, L., 2017, Titanium Dioxide-Coated Biochar Composite as Adsorptive and Photocatalytic Degradation Materials for The Removal of Aqueous Organic Pollutants, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*
- Fan, M, Dasong D, dan Biao H., 2012, Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres. *Fourier Transform - Materials Analysis*.
- Grautreau, R., dan Savin, W., 2006, *Scaum's Outlines Fisika Modern Edisi Kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Huda, H, Z Ardi, dan Johansyah, A., 2015, Studi Kinetika Adsorpsi Nilai Besi pada Air Sumur Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Kopi, *Jurnal IPTEK* 19(2): 49–58.

- Lubis, S., dkk, 2016, Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine ByTiO<sub>2</sub>/Activated Carbon Derived From Waste Coffee Grounds. *Jurnal Natural*16(1): 21–26.
- Moelyaningrum, A. D., 2019, Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Kadmium Pada Air Sumur (*The Usage of Coffee Waste Activated Charcoal as Adsorbent of Cadmium in Well Water*). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* 7(1): 011.
- Omri, A dkk., 2014, Synthesis Surface Characterization and Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> Supported on Almond Shell Activated Carbon. *Journal of Materials Science and Technology* 30(9): 894–902.
- Riyani, Kapti, Tien S., dan Dwiasih. D.W., 2012, PengolahanLimbah Cair Batik Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Dopan-N DenganBantuan Sinar Matahari. *Jurnal Kimia VALENSI* 2(5).