

## LAPORAN PENELITIAN



**STUDI FOTOKATALITIK  $\text{TiO}_2$  BERPENDUKUNG BAMBU DENGAN  
TEKNIK AIR MENGALIR (*FLOWING WATER TECHNIQUE*) PADA PROSES  
PENJERNIHAN AIR SUNGAI KAMPAR**

### TIM PENGUSUL:

1. Dr. KASMAN EDIPUTRA, M.Si      NIDN 1005128303
2. AHMAD SYAKIR, M.Si              NIDN 1022028902

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA FAKULTAS ILMU  
PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

2024

## Ringkasan

Penelitian ini meliputi desain fotoreaktor dengan pemakaian Bambu yang didukung semikonduktor dan studi fotokatalitik dalam Penjernihan air sungai Kampar. Bambu dicelupkan ke dalam larutan 0,5 mmol SDS pada suhu 80°C dan dikeringkan, kemudian Bambu tersebut dicelupkan ke dalam campuran TiO<sub>2</sub> dan HCl dengan perbandingan volume 1:1 dan dibilas lalu dikeringkan.

Prosedur pengolahan air sungai Kampar dimulai dengan menempatkan sampel (air Sungai Kampar) kedalam fotoreaktor dengan lapisan TiO<sub>2</sub> (batch reaktor fotokimia). Kemudian menyusun rangkaian alat fotoreaktor lalu disinari dengan sinar matahari dengan variasi waktu iradiasi 2, 4, 6, 8, dan 10 jam pada pukul 11.00-13.00 wib selama 5 hari dengan intensitas cahaya relatif sama kemudian mengukur pH suspensi setiap 2 jam iradiasi.

Bambu dapat dicoating dengan TiO<sub>2</sub> melalui teknik *Hydrothermal deposition* menghasilkan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang kemudian dikarakterisasi dengan XRD, SEM EDS dan BET. Material ini kemudian dijadikan pendukung *reactor batch* untuk menaikkan pH sampel air sungai Kampar dari 4,75 menjadi 6,72 dan konsentrasi COD air sungai Kampar turun dari 94,7 mg/L menjadi 24,4 mg/L dengan memanfaatkan reaksi fotokatalitik yang dibantu dengan UV dari sinar matahari.

Dengan pemakaian Bambu yang luas permukaan yang besar didapatkan fotoreaktor yang sudah dicoating dengan TiO<sub>2</sub> yang berasal dari reaksi *Hydrothermal thermal deposition* TiO<sub>2</sub> dan HCl, dengan demikian terbentuklah TiO<sub>2</sub>, yang mana sebelumnya Bambu sudah dibuat *Hydrophobic* menggunakan SDS (*sodium dodesyl sulfat*). Analisis XRD dilakukan untuk menentukan struktur Kristal TiO<sub>2</sub> yang telah terbentuk yaitu adanya struktur rutil  $2\theta$  15,71 dengan peak 759 kemudian struktur anatase juga terlihat pada  $2\theta$  22,285 dengan peak 3689. Pada analisa SEM EDS jelas terlihat morfologi permukaan kayu pada pembesaran

1 $\mu$ m, 5 $\mu$ m dan 10 $\mu$ m adanya partikel yang terdeposisi pada permukaan sampel Bambu.

Fotoreaktor batch dari Bambu diisi dengan air sungai Kampar yang sudah disaring dari pengotor yang diambil dari daerah Batubelah Kampar Riau. Kemudian sampel diletakkan dibawah sinar matahari pada jam 11.00 hingga jam 13.00. kemudian cermin diposisikan sedemikian rupa sehingga pantulan dari sinar matahari dapat dioptimalkan penyerapannya dan memeriksa pH. Kenaikan pH selama 10 hari analisis didapatkan dari pH 4,75 menjadi 6,72. Dengan menggunakan UV-vis sampel air sungai Kampar diperiksa degradasi senyawa organiknya, terutama kandungan asam humat yang terdapat dalam air sungai Kampar.

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa Bambu dapat dijadikan sebagai pendukung dari fotoreaktor dengan menggunakan semikonduktor TiO<sub>2</sub> yang didapatkan dari proses *Metode slip coating* dan dapat menjernihkan air sungai Kampar yang mengandung polutan organik ditandai dengan naiknya pH dan turunnya COD dan BOD air sungai Kampar.

***Kata kunci : Desain Fotoreaktor, semikonduktor, Pendukung Bambu***

## Summary

This research includes photoreactor design using Meranti wood supported by semiconductors and photocathlytic studies in peat water purification. The meranti wood was dipped in a solution of 0.5 mmol SDS at 80°C and then dried, the meranti wood was dipped in a mixture of TiO<sub>2</sub> and HCl with a volume ratio of 1:1 and rinsed then dried.

The peat water treatment procedure begins by placing the sample (Peat water) into a photoreactor with a TiO<sub>2</sub> layer (photochemical batch reactor). Then arrange a series of photoreactors and then irradiate it with sunlight with variations in irradiation time of 2, 4, 6, 8, and 10 hours at 11.00-13.00 WIB for 5 days with relatively the same light intensity then measure the pH of the suspension every 2 hours of irradiation.

Meranti wood can be coated with TiO<sub>2</sub> through the Hydrothermal deposition technique to produce a thin layer of TiO<sub>2</sub> which is then characterized by XRD, SEM EDS and BET. This material is then used as a support for the batch reactor to raise the pH of peat water samples from 4.75 to 6.72 and the COD concentration of peat water drops from 94.7 mg/L to 24.4 mg/L by utilizing UV-assisted photocatalytic reactions from sunlight.

By using meranti wood with a large surface area, a photoreactor has been obtained which has been coated with TiO<sub>2</sub> which comes from the reaction of Hydrothermal thermal deposition TiO<sub>2</sub> and HCl, thereby forming TiO<sub>2</sub>, which previously Meranti wood had been made Hydrophobic using SDS (sodium dodesyl sulfate). XRD analysis was carried out to determine the TiO<sub>2</sub> crystal structure that had been formed, namely the presence of a rutil structure  $^{\circ}2\theta$  15.71 with a peak of 759 then the anatase structure was also visible at  $^{\circ}2\theta$  22.285 with a peak of 3689. In the

SEM EDX analysis it was clear that the morphology of the wood surface was magnified at 1 $\mu$ m, 5 $\mu$ m and 10 $\mu$ m of particles deposited on the surface of the Meranti wood samples.

A batch photoreactor made of meranti wood is filled with peat water that has been filtered from impurities taken from the Batubelah area of Kampar Riau. Then the sample is placed under the sun from 11.00 to 13.00. then the mirror is positioned so that the reflection of sunlight can be optimized for absorption and check the pH. The increase in pH for 10 days of analysis was obtained from pH 4.75 to 6.72. By using UV-vis the peat water samples were examined for the degradation of organic compounds, especially the humic acid content contained in the peat water.

From the results obtained, it was found that Meranti wood can be used as a support for a photoreactor using the TiO<sub>2</sub> semiconductor obtained from the Metode slip coating process and can purify peat water containing organic pollutants marked by an increase in pH and a decrease in COD and BOD of peat water.

Keywords : Photoreactor design, semiconductor, Meranti Wood Support

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis ucapkan kehadiran Allah SWT dengan limpahan, rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Disertasi ini dengan judul “Desain Fotoreaktor dan studi fotokatalitik pada proses penjernihan air sungai Kampar berpendukung Bambu”. Keberhasilan yang penulis jumpai saat ini, tidak lepas dari orang yang selalu mendukung dan mendorong penulis untuk berusaha, pada kesempatan kali ini, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Hermansyah aziz Selaku ketua Promotor, Bapak Prof. Dr. Emriadi dan Bapak Dr. Syukri selaku co-Promotor yang telah banyak telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan nasehat yang sangat berarti dalam menyelesaikan pendidikan dan penelitian mengarahkan pada isi dan penulisan Disertasi ini.
2. Kemenristekdikti melalui program BPP-DN telah memberikan dana pendidikan
3. Ibu prof. Dr. Refilda, Ibu Prof. Dr. Yetria Rilda Bapak Prof. Dr. Zulhadjri dan Ibu Dr. Upita Septiani sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyempurnakan penelitian dan penulisan disertasi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Mai Efdi selaku Ketua Departemen Kimia, Ibu Dr. Eng.Yulia Eka Putri selaku Sekretaris Departemen Kimia, Bapak Prof. Dr. Zulkarnain Chaidir dan Ibu Prof. Dr. Rahmayeni selaku Ketua Prodi S3 Ilmu Kimia, untuk bimbingannya serta melayani urusan akademik di Departemen Kimia Universitas Andalas.
5. Bapak/Ibu staf dosen Deprtemen Kimia Universitas Andalas yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama menyelesaikan studi.
6. Bapak/Ibu tenaga kependidikan Departemen Kimia Universitas Andalas yang telah memberikan banyak bantuan untuk kelancaran dalam menyelesaikan studi
7. Seluruh dosen di lingkungan Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah memberikan dorongan semangat dan motivasi kepada saya.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan disertasi ini. Kritik dan saran demi penyempurnaan sangat penulis hargai dan perlukan. Besar harapan penulis, semoga disertasi ini dapat menjadi referensi, bermanfaat dan bernilai positif bagi semua pihak yang membutuhkan.

Padang, Juli 2022

**Penulis**

## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>LEMBAR PERSYARATAN .....</b>                | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                | <b>iii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                    | <b>iv</b>  |
| <b>RINGKASAN .....</b>                         | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                        | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                     | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                      | <b>x</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                 | <b>1</b>   |
| 1.1 latar Belkang .....                        | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                      | 4          |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                    | 5          |
| 1.4 Hipotesis .....                            | 5          |
| 1.5 Kegunaan dan manfaat Penelitian .....      | 5          |
| 1.6 Keterbaharuan Penelitian .....             | 5          |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>             | <b>6</b>   |
| 2.1 Fotoreaktor .....                          | 6          |
| 2.1.1 Jenis-jenis Fotoreaktor .....            | 6          |
| 2.1.1 <i>Reactor batch</i> .....               | 9          |
| 2.2 Semikonduktor .....                        | 9          |
| 2.3 SDS ( <i>Sodium dodesil sulfat</i> ) ..... | 20         |
| 2.4 Bambu ( <i>Shorea SP</i> ) .....           | 21         |
| 2.5 Air Sungai Kampar .....                    | 22         |
| 2.5.1 Karakteristik air sungai Kampar .....    | 22         |
| 2.5.2 Pengolahn air sungai Kampar .....        | 25         |
| 2.6 Sinar UV .....                             | 25         |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>         | <b>30</b>  |
| 3.1 waktu dan Tempat Penelitian .....          | 30         |



|  |           |
|--|-----------|
| 3.2 Bahan .....  | 30        |
| 3.3 Peralatan .....  | 30        |
| 3.4 Metodologi penelitian.....   | 30        |
| 3.4.1 Pembutan reaktor.....  | 30        |
| 3.4.2 Karakterisasi .....  | 31        |
| 3.4.3 Analisis XRD .....   | 31        |
| 3.4.4 Analisis SEM EDX .....   | 32        |
| 3.4.5 Analisis SAA metode BET dan BJH .....  | 32        |
| 3.4.6 Desain Fotoreaktor .....   | 33        |
| 3.4.7 Analisis air sungai Kampar .....   | 33        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   | <b>34</b> |
| 4.1 Hasil dan Pembahasan .....   | 34        |
| 4.1.1 Desain Reaktor .....   | 34        |
| 4.1.2 Hasil Analisis XRD untuk melihat struktur TiO <sub>2</sub> .....                       | 39        |
| 4.1.3 Hasil Analisis SEM untuk distribusi partikel dan ukuran<br>pori TiO <sub>2</sub> ..... | 42        |
| 4.1.4 Hasil Analisis <i>EDS Analysis</i> .....   | 48        |
| 4.1.5 Hasil Analisis pori Bambu .....  | 50        |
| 4.1.6 Hasil Analisis air Sungai Kampar .....   | 54        |
| 4.1.6.1 Analisis spectrum UV-Vis.....  | 57        |
| 4.1.6.2 Pengukuran pH, COD Air Sungai Kampar .....   | 58        |
| 4.1.6.2.1 analisis pH .....  | 58        |
| 4.1.6.2.2 Analisis COD .....   | 60        |
| 4.1.6.2.3 Analsis BOD .....  | 62        |
| <b>BAB V KESIMPULAN .....</b>  | <b>66</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 66        |
| 5.2 Saran .....  | 67        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>68</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>72</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1 Air sungai Kampar memiliki kadar asam yang tinggi .....  | 1  |
| Gambar 2 Struktur Kristal dari Titania (a) TiO <sub>2</sub> Anatase dan (b) Rutil .....   | 12 |
| Gambar 3 Diagram proses fotokatalitik oleh foton pada semikonduktor .....   | 15 |
| Gambar 4 Bentuk serat kayu dan daun Meranti .....   | 21 |
| Gamabr 5 Spektrum cahaya gelombang elektromagnetik .....  | 26 |
| Gambar 6 Desain Rangkaian Fotoreaktor .....   | 33 |
| Gambar 7 Reaktor batch dengan alas Bambu yang dicoating .....   | 34 |
| Gambar 8 Mekanisme rangkaian reaktor dengan tambahan cermin .....   | 35 |
| Gambar 9 Susunan rangkaian alat reactor .....   | 36 |
| Gambar 10 (a) kayu maranti setelah dicoating dan masih basah.<br>(b) Bambu yang sudah dicoating dan sudah kering .....              | 38 |
| Gambar 11 Karakterisasi TiO <sub>2</sub> dengan XRD .....   | 40 |
| Gambar 12 Foto SEM Partikel TiO <sub>2</sub> yang Terbentuk pada 1.000 Kali,<br>5.000 dan 10.000 Pembesaran sebelum digunakan.....  | 44 |
| Gambar 13 Foto SEM Partikel TiO <sub>2</sub> yang Terbentuk pada 1.000 kali,<br>5.000 dan 10.000 Pembesaran setelah digunakan ..... | 46 |
| Gambar 14 Foto SEM Partikel TiO <sub>2</sub> yang Telah Terdeposisi pada<br>permukaan sampel kayu .....                             | 47 |
| Gambar 15 Grafik dan Data EDS Sampel Bambu yang diCoating<br>TiO <sub>2</sub> .....   | 47 |
| Gambar 16 Grafik Adsorpsi/Desorpsi Karbon dari Uji Pori Bambu<br>dengan Metode BET .....  | 49 |
| Gambar 17 Multi point tekanan relative vs $1[w((Po/P)-1)]$ .....  | 50 |
| Gambar 18 Grafik Diameter Pori dengan Volume Pori Sampel Kayu<br>Meranti .....  | 52 |
| Gambar 19 Spektrum UV-vis pada Air Sungai Kampar .....  | 56 |
| Gambar.20 Grafik Hubungan Waktu Penyinaran dengan PH Air Sungai Kampar  | 58 |
| Gambar.21 Grafik Hubungan Waktu Penyinaran dengan COD Air<br>Sungai Kampar.....   | 59 |
| Gambar 22 Grafik Hubungan Waktu Penyinaran dengan BOD Air   |    |

|                     |    |
|---------------------|----|
| Sungai Kampar ..... | 62 |
|---------------------|----|

### **DAFTAR TABEL**

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1 Sifat Fisika TiO <sub>2</sub> .....                             | 11 |
| Tabel 2 Karakteristik Air Sungai Kampar dari Berbagai Lokasi .....      | 24 |
| Table 3 Data Ukuran Pori dari Metode BJH .....                          | 52 |
| Tabel 4 Data pH Air Sungai Kampar Selama 10 Jam Penyinaran pada Reaktor | 58 |

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

| <b>Singkatan</b>   | <b>Nama</b>                         | <b>pemakaian pertama<br/>kali pada halaman</b> |
|--------------------|-------------------------------------|--|
| TiO <sub>2</sub>   | titanium tetra clorida              | vii  |
| HCl                | asam Klorida                        | vii  |
| SDS                | Sodium Dodesil Sulfat               | vii  |
| TiO <sub>2</sub>   | Titanium dioxide (titania)          | vii  |
| XRD                | Xray Difraction                     | vii  |
| SEM                | Scaning Elektron Microscope         | vii  |
| EDS                | Energy X-ray Spectroscopy           | vii  |
| UV                 | Ultraviolet                         | viii   |
| BET                | Brunauer-Emmet-and Teller           | viii   |
| pH                 | Potential Hydrogen Derajat Keasaman | viii   |
| COD                | Chemical oxygen demand              | viii   |
| BOD                | Biologycal Oxigen demand            | viii   |
| UV-vis             | Ultraviolet Visible                 | viii   |
| WCA                | Water Contact Angle                 | 49   |
| <br><b>lambang</b> |                                     |  |
| $2\theta$          | sudut penyinaran                    | vii  |
| VB                 | valnce bond                         | 14   |
| CB                 | conduct bond                        | 14   |
| eV                 | elektron volt                       | 15   |
| $\lambda$          | Lambda                              | 51   |
| Å                  | Angstrome                           | 49   |



## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan air bagi manusia sangatlah penting. Air dilingkungan sangatlah banyak, namun air dilingkungan tersebut memiliki kualitas yang berbeda-beda, namun demikian air merupakan kebutuhan sangat mendasar bagi manusia untuk bertahan tetap Hidup. Hewan dan tumbuhan juga membutuhkan air untuk tetap dalam keberlangsungan kehidupan. Air yang memenuhi standart baik menurut kebutuhan manusia, memenuhi kualitas dan kuantitas (Hermansyah & Munaf, 2016). Kualitas air yang dikonsumsi oleh manusia sangat diperlukan dan dijaga tetap sehat untuk menurunkan angka kematian akibat penyakit yang ditularkan melalui air. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan beberapa kasus yang terjadi disebagian besar Negara miskin dan berkembang dan setengah dari mereka mempunyai permasalahan dengan mikrobiologi yang ada dalam air minum. Banyak sekali penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme yang ada dalam air. virus, parasite air dan virus hepatitis adalah kelompok utama yang menyebabkan infeksi yang bersumber dari air (Bergamasco et al., 2011). Kontaminasi pada air permukaan dan air tanah merupakan permasalahan yang banyak dialami oleh orang yang hidup di daerah industri, Oleh sebab itu diperlukan sekali mengembangkan sebuah proses dan tindakan untuk membersihkan air yang tercemar tersebut, dan kemudian di daerah yang payau, rawa, dan bersungai Kampar diperlukan juga tindakan penjernihan dan pemurnian air, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuahn sehari-hari.

Air yang ada di daerah bersungai Kampar mempunyai pH yang rendah. karena air sungai Kampar memiliki sebagian senyawa asam seperti asam humin dan asam humin, masalah ini bisa diatasi dengan reaksi fotokatalitik (Safitri Ulfah Ramadhani, Lia Destiarti, 2017) .

Dalam reaksi Fotokatalitik,  $\text{TiO}_2$  (Titania) telah umum digunakan sebagai pigmen berwarna putih dari zaman kuno. Titania ini tidak mahal, stabil secara kimiawi dan tidak berbahaya, dan tidak memiliki penyerapan di daerah tampak. Diketahui juga, Titania memiliki warna putih.  $\text{TiO}_2$  aktif di bawah penyinaran sinar UV, menginduksi beberapa reaksi kimia. Aktivitas di bawah sinar matahari tersebut

diketahui berasal dari pengelupasan cat dan degradasi bahan kain yang menggunakan TiO<sub>2</sub>. Selain itu telah dikenal juga sejarah tentang Titania;

- 1) Studi ilmiah tentang fotoaktivitas TiO<sub>2</sub> telah dilaporkan sejak awal abad ke-20. Misalnya, ada laporan tentang pewarna fotobleaching oleh TiO<sub>2</sub> baik dalam vakum dan oksigen pada tahun 1938.
- 2) Dilaporkan bahwa penyerapan UV menghasilkan oksigen aktif pada permukaan TiO<sub>2</sub>, menyebabkan pewarna fotobleaching. Juga diketahui bahwa TiO<sub>2</sub> itu sendiri tidak berubah melalui fotoreaksi, meskipun istilah "fotokatalis" tidak digunakan untuk TiO<sub>2</sub> dalam laporan tersebut, tetapi disebut fotosensitizer (Hashimoto, Irie, & Fujishima, 2006).

Dilain permasalahan, reaksi Fotokatalis bertindak sebagai metode yang praktis dan murah untuk menjernihkan dan memurnikan air. Hal ini dikelompokkan sebagai teknik oksidasi yang canggih dan baru dalam pemurnian air terutama air sungai Kampar. (Yi et al., 2016). Banyak metode yang sudah digunakan untuk menghilangkan asam humat sebagai komponen utama dari air Sungai Kampar seperti koagulasi-flokulasi *elektro coagulation processes*, oksidasi, Fotokatalis dan teknologi membran, Semua proses alternatif ini, memiliki biaya operasional yang tinggi dan tidak satupun dari metode tersebut yang diadopsi oleh industri karena faktor biaya yang tinggi (Hermansyah & Munaf, 2016). Reaksi oksidasi fotokatalitik mempunyai peluang yang sangat besar dalam menurunkan kadar polutan dan dengan mineral senyawa organik menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air dan zat anorganik oleh UV yang berasal dari matahari "*clean and green purification technology*" untuk Penjernihan udara dan air yang tercemar (M Farahmandjou, Khalili, Branch, & Branch, 2013). Reaksi oksidasi fotokatalitik dapat terjadi didalam reaktor yang dirancang dengan berbagai keunggulan.

Reaktor fotokatalisis dalam aplikasinya dapat dibagi menjadi tiga bagian antara lain reaktor fotokatalisis skala lab, skala pilot dan skala industri. Berdasarkan sistem mode alirannya, dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu reaktor batch dan reaktor one pass through (kontinyu). Sedangkan berdasarkan sistem katalis yang digunakan, dapat dikelompokkan reaktor sistem slurry/suspended dan reaktor sistem supported (Alfano, 2000; Dumitru, 2000; Zhang et al., 2000).

Perkembangan selanjutnya, pengelompokkan reaktor fotokatalisis berdasarkan sistem pemusatan terhadap cahaya baik cahaya yang berasal dari lampu buatan maupun berasal dari sinar matahari. Menurut pembagian ini, reaktor dapat dikelompokkan menjadi dua jenis reaktor yang ada antara lain reaktor Collector dan non-Collector (Blanco & Malato, 2003). Proses fotokatalisis dengan sinar matahari yang menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  hanya menggunakan bagian sinar ultraviolet (UV) dari seluruh radiasi sinar matahari, dan sebesar 50% atau lebih bagian dari sinar UV ini yang terdapat di dalam bentuk tersebar (diffuse), khususnya pada lokasi yang tidak terkena matahari. Namun dengan menggunakan modifikasi katalis sehingga katalis tersebut dapat aktif pada daerah sinar tampak pada range cahaya tampak.

Reaksi fotokatalitik ini terjadi dalam fotoreaktor yang sudah banyak dirancang oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Beberapa jenis fotoreaktor yang sudah diaplikasikan diantaranya adalah reaktor tubular, fotokatalis berbentuk lapisan tipis (film) dilekatkan pada *borosilicate glass*, kemudian *Thin-Film-Fixed Bed Reactor* (TFFBR) yaitu salah satu jenis reaktor non-kolektor yang menggunakan radiasi sinar matahari direct ataupun diffusi, Katalis  $\text{TiO}_2$  dicoating pada plat kaca setelah itu ada Reaktor bertingkat (*cascade*). Rotating-Drum Reactor berbentuk silinder panjang (drum) yang terbuat dari stainless steel sebagai batangan reaktornya dan berputar kontinu sambil tercelup pada cairan reaktan (Alfano, 2000; Dumitru, 2000; Zhang *et al.* 2000).

Pemilihan Reaktor batch sebagai Fotoreaktor berpendukung kayu dan tambahan cermin untuk memaksimalkan intensitas cahaya UV adalah dikarenakan kayu adalah satu bahan alamiah yang dapat mendukung reaktor tempat terjadinya reaksi fotokatalitik.

Kayu adalah salah satu bahan biopolimer yang paling melimpah, dengan potensi manfaat yang tinggi karena menggabungkan kekuatan mekanik dan sifat isolasi termal yang sangat baik dengan 5 daya tarik estetika, memungkinkan penggunaannya dalam konstruksi bangunan, sebagai bahan isolasi dan untuk furnitur. Sebagai biopolimer, tentu kayu juga memiliki kelemahan, selain kayu juga merupakan sumber nutrisi mikroorganisme sehingga rentan terhadap serangan jamur dan serangga. Kayu menunjukkan stabilitas dimensi dan optik yang buruk, yang dapat menjadi penyebab utama dari kerusakan kayu dan juga dikaitkan dengan



lignin. Dalam aplikasi luar ruangan, kombinasi cahaya UV dengan kelembaban dan suhu, menyebabkan kerusakan total dari jaringan lignoselulosa dan degradasi kayu. Berbagai jenis kayu tropis sangat banyak dengan ketersediaan yang melimpah, oleh karena itu kayu diharapkan dapat mendukung sebuah fotoreaktor batch untuk proses Penjernihan air yang memakai semikonduktor titania ( $\text{TiO}_2$ ), peneliti menjadikan Bambu sebagai pendukung pada fotoreaktor karena memiliki luas permukaan yang besar, porositas yang baik dan dapat menunjang kinerja reaktor dan ketersediaan yang melimpah yang banyak terdapat di daerah Sumatera dan di Riau khususnya.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan atau mendesain fotoreaktor dengan penambahan cermin pada sisi reaktor yang dimaksudkan untuk merefleksikan cahaya matahari yang mengandung UV dengan parameter pengukuran intensitas cahaya UV. kemudian dilakukan pengcoatingan Bambu dengan prekursor  $\text{TiO}_2$  membentuk  $\text{TiO}_2$  pada permukaan kayu dengan parameter pengukuran struktur Kristal katalis dan morfologi  $\text{TiO}_2$  pada permukaan kayu serta luas permukaan dan sebaran pori kayu. kemudian pada sampel air sungai Kampar dilakukan pengukuran degradasi polutan air sungai Kampar dengan UV-vis, pH dan COD serta BOD.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dari penelitian tersebut diatas dapat dibuat rumusan masalah dari rencana penelitian, yaitu;

1. Apakah desain fotoreaktor dapat didukung oleh Bambu yang sudah dicoating dengan  $\text{TiO}_2$ ?
2. Apakah Bambu yang sudah di coating mampu mendukung efektifitas dari reaksi fotokatalitik dalam proses Penjernihan air sungai Kampar?
3. Apakah reaksi fotokatalitik dengan desain fotoreaktor tersebut dapat mendegradasi polutan organik pada air sungai Kampar?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah yaitu;

Mendesain dan membuat fotoreaktor dengan memanfaatkan Bambu sebagai pendukung katalis.

1. Melakukan karakterisasi terhadap fotoreaktor yang sudah di coating dengan  $\text{TiO}_2$ .
2. Menguji kemampuan fotoreaktor berpendukung Bambu dalam proses penjernihan air sungai Kampar.

#### **1.4 Hipotesis**

- a. Bambu dapat dicoating menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  yang digunakan sebagai fotoreaktor dalam penjernihan air sungai Kampar.
- b. Bambu dapat mendukung efektifitas dari reaksi fotokatalitik untuk penjernihan air sungai Kampar.
- c. Reaksi fotokatalitik dari fotoreaktor Bambu dapat mendegradasi polutan organik.

#### **1.5 Kegunaan dan Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini akan didapat efisiensi penggunaan material dari alam yang mudah didapat dan jumlah yang melimpah. Dengan menggunakan Bambu sebagai base fotoreaktor yang dicoating menggunakan  $\text{TiO}_2$  yang berasal dari reaksi *hydrothermal deposition* dari  $\text{TiO}_2$  akan sangat membantu mengurangi biaya pembuatan reaktor dalam proses penjernihan air sungai Kampar yang mengandung polutan organik, sehingga air sungai Kampar yang telah jernih dan murni tersebut dapat dimanfaatkan dalam banyak bidang

#### **1.6 Kebaruan Penelitian**

Penelitian yang mengangkat topic tentang reaksi fotokatalitik dengan memanfaatkan sinar UV berasal dari matahari dan semikonduktor telah banyak dilakukan, akan tetapi dengan penggunaan dan pemanfaatan bahan kayu terutama Bambu sebagai pendukung atau *supporting* dari katalis pada reaksi fotokatalitik masih menjadi sesuatu hal yang baru. Karena bahan Bambu tersebut bisa didapatkan dengan mudah di alam, adanya sumber energi matahari yang bisa diperoleh secara mudah dan gratis dan beberapa laporan sebelumnya mengenai kemampuan fotokatalis semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dalam menguraikan dan mendegradasi kadar asam air sungai Kampar, maka dipandang perlu adanya penelitian yang memanfaatkan Bambu menjadi *base* dalam desain fotoreaktor. Diharapkan Bambu yang digunakan juga dapat mendukung kinerja semikonduktor sehingga dapat memperbesar daya serap sinar UV. Kemudian pemakain metode *hydrothermal*

deposition yang digunakan pada penelitian ini juga dapat dilakukan pada temperature rendah sehingga menghindari pemanasan pada suhu tinggi untuk kalsinasi dari lapisan TiO<sub>2</sub> berpendukung Bambu, kemudian membuat permukaan kayu hidrofobik dengan SDS ( *sodium dodesil sulfat*) terlebih dahulu untuk meminimalisir pelapukan langsung dan juga karena pemanasan pada temperatur tinggi dikhawatirkan akan merusak struktur kayu.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fotoreaktor

Fotoreaktor adalah seperangkat alat yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk memproses suatu cairan atau buangan industri cair dan polutan organik dengan peningkatan panas atau temperature tertentu serta paparan dari radiasi sinar ultra violet (UV). Reaktor ini dapat digunakan yang mempunyai prinsip pemanfaatan sinar UV dari matahari atau bisa yang bersumber dari lampu pencipta sinar UV (Lee & Liu, 2002). Reaktor fotokatalisis dalam aplikasinya dapat dibagi menjadi tiga bagian antara lain reaktor fotokatalisis skala lab, skala pilot dan skala industri. Berdasarkan sistem mode alirannya, dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu reaktor *batch* dan reaktor one pass through (kontinyu). Sedangkan berdasarkan sistem katalis yang digunakan, dapat dikelompokkan reaktor sistem slurry/suspended dan reaktor sistem *supported* (Alfano, 2000; Dumitru, 2000;Zhang *et al*, 2000).

Pada perkembangan selanjutnya, pengelompokkan reaktor fotokatalisis berdasarkan sistem pemusatan terhadap cahaya baik cahaya yang berasal dari sinar matahari langsung maupun berasal dari sinar matahari buatan atau lampu UV. Menurut pembagian ini, reaktor dapat dikelompokkan menjadi dua jenis reaktor yang ada antara lain reaktor Collector dan non-Collector (Blanco & Malato, 2003)

#### 1.1.1 Jenis-Jenis Fotoreaktor

Beberapa jenis reaktor yang telah digunakan dalam proses fotokatalitik antara lain sebagai berikut:

##### 1. *Tubular Reactor*

Pada reaktor tubular, fotokatalis berbentuk lapisan tipis (film) dilekatkan pada *borosilicate glass* dengan menggunakan metode sol-gel. Selanjutnya gelas ini akan melingkupi lampu ultraviolet yang terpasang dibagian tengah.

##### 2. *Thin Fixed Bed Reactor*

*Thin-Film-Fixed Bed Reactor* (TFFBR) adalah salah satu jenis reaktor non-kolektor yang menggunakan radiasi sinar matahari direct ataupun diffuse. Katalis  $\text{TiO}_2$  dicoating pada plat kaca dengan luas dan merata.

### 3. *Cascade Reactor*

Peneliti yang ada membuat *Cascade Reactor* untuk mempelajari fotodegradasi benzoic acid (Chan *et al.*, 2003). Reaktor ini memiliki 9 plat stainless steel masing-masing berukuran 17,5 cm x 28 cm yang dipasang secara bertingkat (*cascade*). Katalis  $\text{TiO}_2$  dicoating pada permukaan plate dengan menggunakan metode electrophoretic. Reaktor ini merupakan pengembangan dari reaktor skala Bench yang memiliki 3 plate. Jarak antara plate yang satu dengan yang lain 2,5 cm, dengan sudutkemiringan  $5^\circ$  terhadap horizontal. Pada skala bench digunakan sinar UV buatan, sedangkan pada pilot ini digunakan energi matahari. Untuk Sirkulasi limbah digunakan pompa sentrifugal, laju alir yang digunakan pada aplikasi ini 3 liter per menit. Konsentrasi awal asam benzoate yang digunakan adalah 25 mg/liter. Cascade reactor dirancang untuk mengatasi kelemahan reaktor Thin Fixed Bed Reactor, yaitu transfer massa menjadi terbatas karena kondisi aliran yang laminar. Pada reaktor Cascade akan terjadi pada aliran yang turbulen, sehingga pada saat limbah dialirkan melewati *plate-plate* tersebut.

### 4. *Rotating Drum Reactor*

*Rotating-Drum Reactor* berbentuk silinder yang terbuat dari stainless steel sebagai batangan reaktornya dan berputar kontinyu sambil tercelup pada cairan reaktan. Katalis yang digunakan akan dicoating di permukaan luar silinder. Peneliti dalam skala pilot ini pernah diteliti oleh Zhang *et al.* (2000) yang merancang reaktor untuk pengolahan limbah fenol. Silinder yang digunakan terbuat dari kaca dengan diameter 5 cm panjang 18 cm, Katalis yang digunakan adalah tipe anatase dari serbuk  $\text{TiO}_2$  yang memiliki diameter rata-rata 0,15  $\mu\text{m}$ . Untuk menaikkan aktivitas fotokatalisnya ditambahkan dengan logam Pt sebagai dopan dengan loading 10 mg Pt/gram  $\text{TiO}_2$  (Zhang *et al.*, 2000).

### 1.1.2 Reaktor batch

Sebuah reaktor batch melakukan semua proses reaksi yang mana semua reaktan dimasukkan bersama-sama pada awal proses reaksi dan produk dihasilkan akan dikeluarkan pada akhir proses reaksi. Dalam proses ini, semua reagen ditambahkan di awal proses dan tidak penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung. Reaktor dengan Proses batch sangat tepat digunakan untuk produksi skala kecil (Fogler, 1986). Reaktor batch merupakan wadah yang mana reaktan dimasukkan pada awal dan reaksi berlangsung seiring waktu. Reaktan dimasukkan kedalam reaktor dan kemudian dierikan waktu untuk bereaksi dan produk yang dihasilkan akan terbentuk di dalam reaktor. Jika reaktan tidak bereaksi menghasilkan produk, maka reaktan dikeluarkan kemudian proses reaksi diulangi. Oleh karena itu pada proses penjernihan air sungai Kampar digunakanlah fotoreaktor batch dikarenakan penggunaan sampel dalam jumlah kecil dan pembedaan reaktor juga tidak terlalu rumit.

## 2.2 Semikonduktor

Fotokatalisis baru-baru ini menjadi kata umum dan terdapat berbagai produk yang menggunakan fungsi fotokatalitik. Di antara banyak kandidat untuk fotokatalis,  $\text{TiO}_2$  merupakan satu-satunya bahan yang cocok untuk penggunaan industri saat ini dan juga mungkin di masa depan. Hal ini karena  $\text{TiO}_2$  memiliki fotoaktivitas yang paling efisien, stabilitas tertinggi dan biaya terendah. Lebih penting lagi, Titania telah digunakan sebagai pigmen putih sejak zaman kuno, dan dengan demikian, keamanannya bagi manusia dan lingkungan dijamin oleh sejarah. Ada dua jenis reaksi fotokimia yang berlangsung pada permukaan  $\text{TiO}_2$  ketika disinari dengan sinar ultraviolet. Salah satunya termasuk reaksi redoks yang diinduksi foton dari zat teradsorpsi, dan yang lainnya adalah konversi hidrofilik  $\text{TiO}_2$  yang diinduksi foton itu sendiri. Jenis yang pertama telah dikenal sejak awal abad ke-20, tetapi yang terakhir baru ditemukan pada akhir abad tersebut. Kombinasi kedua fungsi tersebut telah membuka berbagai aplikasi baru  $\text{TiO}_2$ , khususnya di bidang bahan bangunan. Di sini kita dapat meninjau kemajuan penelitian ilmiah tentang fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  serta aplikasi industrinya, dan

menggambarkan prospek masa depan bidang ini terutama berdasarkan karya penulis saat ini (Fujishima, Rao, & Tryk, 2000).

Sebuah Artikel yang terbit pada tahun 1956 berjudul Autooksidasi oleh  $\text{TiO}_2$  sebagai fotokatali. Dari laporan artikel tersebut Para peneliti menyebarkan bubuk  $\text{TiO}_2$  ke dalam berbagai pelarut organik seperti alkohol dan hidrokarbon diikuti dengan penyinaran UV dengan lampu Hg. Mereka mengamati autooksidasi pelarut dan pembentukan simultan  $\text{H}_2\text{O}_2$  di bawah kondisi lingkungan. Sangat menarik untuk dicatat bahwa mereka sudah membandingkan aktivitas fotokatalitik berbagai serbuk  $\text{TiO}_2$  menggunakan dua belas jenis anatase komersial dan tiga jenis rutil, dan menyimpulkan bahwa aktivitas anatase dari autooksidasi jauh lebih tinggi daripada rutil, hal ini menunjukkan tingkat kemajuan penelitian yang cukup tinggi. Namun, pada masa itu, kekuatan fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  mungkin hanya menarik sebagian kecil perhatian ilmuwan di bidang katalisis atau fotokimia, dan studi fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  belum berkembang secara luas baik di bidang akademis maupun industri. masyarakat (Hashimoto et al., 2006).

Titania atau dengan nama kimia Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) adalah oksida logam Ti (Titanium) yang sangat banyak digunakan dan dijumpai di (Greenwood dan Earnshaw, 1997). Titania atau Titanium dioksida berwarna putih dan merupakan golongan oksida yang tahan karat dan tidak bersifat toksik. Dahulu titania digunakan oleh masyarakat untuk bahan pewarna atau pigmen pada produk tekstil, kosmetik dan makanan. Diketahui bahwa Konfigurasi elektron dari atom titanium (Ti) adalah  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^2$ . dan konfigurasi elektron untuk atom oksigen (O) adalah  $1s^2, 2s^2, 2p^4$ . Orbital molekul titania atau  $\text{TiO}_2$  terbentuk dengan sederhana, yaitu ikatan pada kulit 3d dengan kulit 2p pada Oksigen (O). level energi kulit 3d bertindak sebagai daerah konduktif molekul kemudian pada kulit 2p merupakan area valensi molekul. Titania atau Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) mempunyai dua bentuk utama yaitu kristal dan amorf secara mikroskopis (Gunlazard, 2001). Titania atau Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dengan bentuk kristal amorf sama seperti l senyawa amorf lain yang mana tidak mempunyai kerapian susunan atom yang menjadikannya tidak mempunyai pita konduksi dan pita valensi yang rapi, namun demikian titania atau  $\text{TiO}_2$  dengan bentuk Kristal amorf juga diketahui mempunyai kekuatan untuk mendegradasi polutan organik hanya dalam waktu yang lama.

Titania memiliki rumus moleku  $\text{TiO}_2$  yang juga dikenal dengan Titanium dioksida, banyak juga yang mengetahui sebagai titanium (IV) oksida yang merupakan oksida dari titanium. Diketahui berat molekul  $\text{TiO}_2$  sebesar 79,90 g/mol; dengan densitas 4,26 g/cm<sup>3</sup>, Titania atau  $\text{TiO}_2$  mampu menyerap UV dari matahari dan UV buatan namun tidak bisa menyerap cahaya tampak, hal ini dapat mengakibatkan terbentuk a radikal hidroksil pada zat warna atau pigmen sebagai fotokatalis. Yang kemudian melakukan kalsinasi pada 800°C (Sun, Lu, & Liu, 2017). Titania atau  $\text{TiO}_2$  merupakan bahanmaterial yang sangat banyak diujicoba dan teliti karena siafta yang menguntungkan. Walaupun Titania ini sudah dikenal oleh banyak orang sejak dari 200 tahun kemudian teliti mulai dari 85 tahun yang lalu, tapi sampai saat ini penelitian tentang Titania  $\text{TiO}_2$  masih banyak dilakukan oleh banyak orang secara aktif dan selalu mengalami perkembangan (Hoffmann, Martin, Choi, & Bahnemannt, 1995). Untuk Pertama sekali  $\text{TiO}_2$  ditemukan yang biasa dikenal dengan Titania yaitu pada tahun 1821.namun baru pada tahun 1986 titania dikenal dengan bubuk zat pewarna putih. Sifat fisika dari unsur titanium mempunyai sifat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Logam Titanium mempunyai massa jenis yang rendah dan memiliki sifat yang tahan karat, memiliki biokompabilitas yang tinggi dan mampu dimanfaatkan untuk implant sintetis dan produk implan dalam tubuh (Ohno, Sarukawa, & Matsumura, 2002). Bubuk Kristal  $\text{TiO}_2$  memiliki sifat asam dan sukar larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol tetapi bisa larut larut didalam asam sulfat dengan kepekatan tinggi dan asam fluorida (Bergamasco et al., 2011).

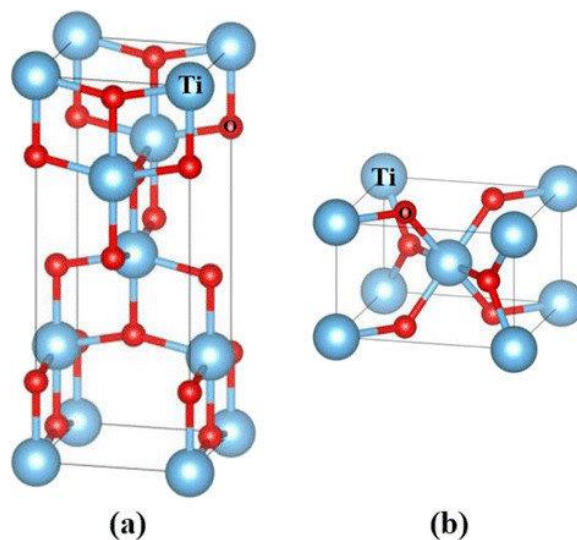
Tabel 1. Sifat fisika  $\text{TiO}_2$

| No | Sifat                       | Nilai                                |
|----|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1  | Densitas                    | 4 g.cm <sup>-3</sup>                 |
| 2  | Porositas                   | 0%                                   |
| 3  | Modulus shear               | 90 Gpa                               |
| 4  | Elastisitas                 | 23 Gpa                               |
| 5  | Resistivitas (25°C)         | 1012 Ω.cm                            |
| 6  | Resistivitas (700°C)        | 2,5×10 <sup>4</sup> Ω.cm             |
| 7  | Konstanta dielektrik 1 MHz  | 85 Volt/mil                          |
| 8  | Ekspansi termal RT- 1000 °C | 9 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> |
| 9  | Konduktivitas termal 25°C   | 11,7 WmK <sup>-1</sup>               |

Titania atau Titanium dioksida diketahui memiliki bentuk Kristal yang mempunyai tiga fase kristal yang memiliki bentuk berbeda terdiri dari anatase rutil



dan brookite. Bentuk Kristal titania dengan fase Rutil adalah bentuk kristal yang paling stabil bila dibandingkan dengan dua fase lainnya, oleh sebab itu kristal jenis ini sangat mudah ditemukan sebagai bentuk yang paling asli (murni). Kemudian bentuk Kristal titania Anatase dikehui merupakan fase kristal yang sangat reaktif terhadap cahaya yang datang, eksitasi elektron menuju ke pita konduksi bisa dengan mudah dilakukan jika kristal ini disinari dengan cahaya dengan energi yang lebih tinggi daripada celah energinya sendiri. Bentuk Kristal anatase ini juga bisa terbentuk disebabkan oleh pemanasan  $\text{TiO}_2$  amorf pada suhu  $400^\circ\text{C}$  hingga  $600^\circ\text{C}$ . Kemudian jika pemanasan berlanjut hingga le temperatura  $700^\circ\text{C}$  akan mengakibatkan kristal anatase bertransformasi ke bentuk rutil. Kemudian Kristal Brookite merupakan jenis kristal yang sangat sukar diteliti disebabkan sifatnya yang sulit untuk bersihkan atau dimurnikan. Kristal Titania Rutil merupakan bentuk kristal  $\text{TiO}_2$  yang paling banyak didapatkan di alam dan diproduksi secara industrial dan dapat dikomersialkan di pasaran. Struktur Kristal Titania Rutil memiliki bentuk oktahedral yang didiami oleh atom titanium. Sedangkan untuk Kristal anatase dan Kristal brookite berbentuk kubik (Greenwood and Earnshaw, 1997)



Gambar 1. struktur Kristal dari Titania (a)  $\text{TiO}_2$  anatase dan (b) rutil

Sebagaimana yang telah dikemukakan oleh Heller, seluruh ilmu pengetahuan yang dimiliki semasa perluasan dan perkembangan *photoelectro chemistry semiconductor* sejak tahun 1970 hingga 1980 sudah banyak menolong peneliti

tentang Fotokatalis, dan diketahui  $\text{TiO}_2$  memang tepat sebagai fotocatalitik pada senyawa organik. Contohnya, bila peneliti meletakkan serbuk titania atau  $\text{TiO}_2$  yang aktif dengan cara katalitik kedalam wadah air yang tercemar polusi yang dangkal sehingga dapat menjadikan wadah tersebut mampu diterangi dengan cahaya dari sinar matahari (Fujishima et al., 2000). Aspek yang sangat menentukan dari sebuah reaksi dari fotokatalis lingkungan adalah kecukupan bahan baku secara alami yaitu titanium dioksida, misalnya, dengan harga yang murah, mampu stabil secara kimia, dan *photogenerated*, yang dapat teroksidasi. kemudian, elektron *photogenerated* bisa diminimalisir agar dapat menghasilkan superoksida dari reaksi dioksigenya (Fujishima et al., 2000). Pengaplikasian reaksi Fotokimia agar melindungi lingkungan juga sudah menjadi objek penelitian secara aktif dan Fotokatalis heterogen memakai sistem UV /  $\text{TiO}_2$  yang mana sudah sering diajukan agar menghilangkan pencemar berupa polutan organik.  $\text{TiO}_2$  sangat banyak dipakai sebagai fotokatalis karena memiliki sifat yang stabil, dan dengan ongkos minim (Majid Farahmandjou, 2015). Permukaan seperti keramik Lapisan  $\text{TiO}_2$  fotokatalis dapat menempel dan merekat dengan baik seperti pada, kaca, plastik, PVC, kertas dengan layer tipis dengan banyak teknik sudah bisa meminimalisir kelemahan dari sistem. Sangat Banyak peneliti yang secara optimis dan percaya diri dengan teknologi fotokimia ini dan pantas secara biaya dan ekonomi, sebab bisa mendapatkan keuntungan dari lapisan tipis Fotokatalis titania atau  $\text{TiO}_2$  dan sinar UV yang tersedia melimpah dari matahari. Beberapa referensi yang diperoleh, menghilangkan atau degradasi senyawa humat dalam air, asam humat yang banyak terdapat didalam air sungai Kampar yang masih jarang orang yang menggunakan reaktor dengan teknik lapisan  $\text{TiO}_2$  fotokatalitik (Odling, Ivaturi, Chatzisyneon, & Robertson, 2018).

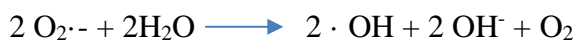
Reaksi Fotokatalitik adalah reaksi yang memadukan antara fotokimia dan katalis. Dalam Proses sebuah reaksi fotokimia umumnya menggunakan suatu cahaya (foton). Reaksi Fotokatalisis sendiri merupakan suatu proses yang ditolong oleh keberadaan sinar atau cahaya dan bahan material berupa katalis. Kemudian Katalis merupakan suatu zat yang mempercepat proses laju reaksi tanpa ikut bereaksi dengan reaktan membentuk produk dan berubah secara kimia. Katalis katalis juga bisa mempercepat fotoreaksi dengan interaksinya dengan substrat yang ada

walaupun dalam keadaan dasar atau *base* ataupun tereksitasi atau dengan fotoproduk utamanya, tentu saja bergantung atas mekanisme fotoreaksi itu (Otmer dan Kirk, 1994). Sedangkan yang disebut Fotodegradasi merupakan suatu proses reaksi pemisahan atau penguraian suatu senyawa (umumnya adalah senyawa organik) bersama dengan energi foton. Proses reaksi fotodegradasi membutuhkan suatu fotokatalis yang digunakan adalah yang terdiri dari bahan logam dengan sifat semikonduktor. Pada Prinsipnya perpindahan secara lompatan dilakukan oleh elektron dari pita valensi ke pita konduksi merupakan efek dari energi yang melintasi logam semikonduktor jika diberikan berupa suatu energi foton. Loncatan elektron itu mengakibatkan munculnya lubang atau *hole* (lubang elektron) yang bisa bereaksi dan berinteraksi dengan pelarut air menghasilkan radikal (Fatimah dan Karna, 2005).

Fenomena sebuah reaksi fotokatalitik pada permukaan  $\text{TiO}_2$  bisa diterapkan untuk mengurangi atau mendegradasi polutan berupa senyawa organik. Kemudian  $\text{TiO}_2$  juga bisa dipakai untuk menguraikan dan mendegradasi serta menghilangkan berbagai bahan dan senyawa organik yang memiliki cincin aromatis beracun dan berbahaya yang merupakan produk buangan dari limbah industri berubah menjadi bahan atau senyawa yang ramah lingkungan dan tidak beracun seperti air dan karbondioksida (Allen et al., 2009). Pada saat logam titania atau semikonduktor  $\text{TiO}_2$  menangkap dan menyerap cahaya dari sinar UV yang memiliki panjang gelombang  $\lambda$  380 nm dapat menghasilkan pasangan elektron dan lubang positif pada permukaan logam titania semikonduktor itu, kemudian akan menginisiasi reaksi redoks terhadap bahan kimia yang menyentuh secara kontak langsung dengan semikonduktor tersebut. Dari beberapa laporan penelitian yang pernah dilakukan, didapatkan informasi bahwa dalam media air, sistem semikonduktor tersebut dapat menghasilkan radikal hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ).

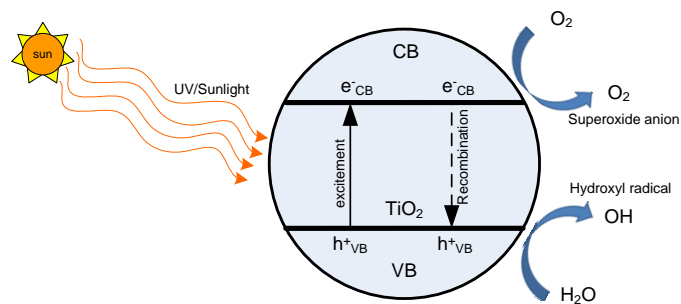
Elektron bebas yang berbentuk Radikal hidroksil merupakan spesi pengoksidasi yang sangat kuat, sebagai contoh misalnya pada  $\text{pH} = 1$  memiliki beda potensial oksidasi dari reaksi sebesar 2,8 Volt relatif terhadap sebuah elektroda hidrogen. Dengan beda potensial sekuat dan sebesar itu bisa diasumsikan dan diprediksi senyawa organik yang ada dalam air bisa teroksidasi dengan baik. (Magalh, Andrade, Nunes, & Mendes, 2017)(Fujishima et al., 2000). Dalam reaksi

fotokatalitik dipermukaan semikonduktor titania, terdapat Hole atau lubang positif yang bisa bereaksi dengan baik terhadap H<sub>2</sub>O yang terserap atau teradsorpsi secara fisika ataupun terhadap gugus OH<sup>-</sup> yang juga terserap atau teradsorpsi secara kimiawi yang kemudian menghasilkan radikal ·OH, sebagaimana pada reaksi berikut (Magalh et al., 2017) :



Elektron-elektron yang berada pada pita konduksi akan terpicu untuk bereaksi dengan molekul oksigen (O) yang kemudian membentuk ion superoksida lalu yang terjadi selanjutnya adalah pembentukan radikal ·OH. Komponen Radikal ·OH ini sangat reaktif dan bereaksi untuk menyerang molekul-molekul bahan dan zat organik serta menguraikan dan mendegradasinya menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Fujishima et al., 2000).

Reaksi Fotokatalis dari semikonduktor titania dapat juga dikatakan sebagai reaksi *photoinduced* yang akan dipercepat laju reaksinya oleh adanya katalis. Pada tipe reaksi ini akan diaktifkan oleh absorpsi atau penyerapan foton dengan jumlah energi yang cukup (sama dengan atau lebih tinggi daripada energi *band gap*). Pada proses Penyerapan energy ini akan menuju ke pemisahan muatan elektron (e) dari pita valensi katalis semikonduktor titania ke pita konduksi, yang akhirnya akan memperoleh lubang di pita valensi, gambar berupa diagram skema dari proses reaksi tersebut dapat dilihat yang disajikan dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Bentuk Diagram proses reaksi fotokatalitik oleh sinar foton pada semikonduktor dari UV yang berasal dari sinar matahari.

Pada reaksi fotokatalitik terdapat Molekul semikonduktor di pita valensi (VB) yang kemudian diisi oleh elektron bersama energi yang stabil sedangkan pita energi tinggi kosong pada pita konduksi (CB), kemudian energi celah pita (*gap energy*) semikonduktor dengan energi yang lebih besar dipakai sebagai sumber untuk memancarkan cahaya yang ada di dalam semikonduktor tersebut, lalu akan menginduksi reaksi yang terjadi dengan bahan penyerap absorbens pada permukaannya sebagai reaksi redoks.

Pada umumnya Reaksi fotokatalitik berdasarkan pada penyerapan energi surya di celah dari semikonduktor yang dihasilkan transfer elektron. Oleh sebab itu, hampir semua material bahan semikonduktor bisa dipakai dalam reaksi Fotokatalis. Kemudian dilain pihak, ada beberapa semikonduktor sangat baik dan efektif bertindak sebagai fotokatalis, dan titania atau  $\text{TiO}_2$  merupakan bahan yang paling banyak dipergunakan (Yi et al., 2016). Teori dasar-dasar *photophysics* dan reaksi Fotokimia yang melandasi Fotokatalis heterogen memakai katalis semikonduktor titania atau  $\text{TiO}_2$  sudah intensif dikembangkan dalam banyak referensi dan literatur. Titania atau  $\text{TiO}_2$  merupakan semikonduktor yang sudah banyak dipakai sebagai fotokatalis untuk menginduksi beragam reaksi reduktif dan oksidatif pada bentuk permukaannya. Hal ini disebabkan karena karakteristik elektron tunggal yang berbeda pada orbital luarnya. Disaat cahaya berupa energi foton yang lebih besar dari atau sama dengan energi celah pita (*gap energy*)  $\text{TiO}_2$  mengenai ke permukaannya, besarnya berkisar 3,2 eV (anatase) atau 3,0 eV (rutil), maka radikal berbentuk elektron tunggal akan tertarik ke pita konduksi yang masih kosong (Baudys, M., Krysa, J., & Mills, 2017) (Fujishima et al., 2000).

Proses terbentunya sepasang lubang elektron diwaktu partikel  $\text{TiO}_2$  diberikan sinar dengan  $h\nu$  terlihat pada Gambar 2. yang mana menggambarkan adanya panjang gelombang sinar berbentuk energi foton pada umumnya yaitu 400 nm. Pada Eksitasi sinar fotonik keluar dari pita valensi yang terisi kosong, oleh karenanya ini dapat membentuk pasangan lubang elektron. Kejadian yang terus

menerus dari rantai reaksi oksidatif reduktif yang berada di permukaan sinar foton aktif secara lepas (Abdulloh., 2017)

### 2.2.1 Fundamental dari fotokatalis

Karya pionir yang dikembangkan diketahui menggambarkan pemisahan air dengan  $\text{TiO}_2$ . fotoelektroda menarik perhatian beberapa kelompok penelitian yang bekerja di bidang ini dan dengan cepat  $\text{TiO}_2$  menjadi semikonduktor yang paling banyak digunakan untuk fotokatalisis. Titanium dioksida menunjukkan tiga bentuk dari struktur kristal: rutil, Kristal anatase dan bentuk Kristal brookite. Rutil adalah struktur kristal titanium dioksida yang paling stabil secara termodinamika tetapi anatase adalah bentuk yang lebih disukai untuk fotokatalisis karena menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi dan lebih mudah untuk disiapkan. Brookite adalah fase yang paling tidak stabil dan biasanya tidak digunakan dalam fotokatalisis. Ada penelitian yang menunjukkan manfaat pencampuran fase kristal yang berbeda dari  $\text{TiO}_2$  untuk mendapatkan fotoaktivitas yang lebih tinggi. Ketika fase kristal yang berbeda digabungkan, sebagian besar diyakini bahwa pergerakan elektron dari fase rutil ke fase anatase terjadi, yang menyebabkan  $e^-/h^+$  pemisahan dan konsekuensi- aktivitas fotokatalitik meningkat. Namun, ada penelitian lain yang menyatakan bahwa pergerakan elektron dari anatase ke rutil.

Degradasi pada permukaan  $\text{TiO}_2$  terjadi melalui mekanisme fotokatalitik ( $\text{TiO}_2$  *sensitized photoreaction*). Pada mekanisme pertama, cahaya mengaktifkan  $\text{TiO}_2$  melalui distribusi elektron yang berasal dari pita valensi menuju pita konduksi. Air dan oksigen yang teradsorpsi bereaksi dengan lubang positif pita valensi dan elektron pita konduktansi, masing-masing untuk menghasilkan radikal hidroksil,  $\text{HO}\cdot$ , yang pada akhirnya mendegradasi polutan organik yang teradsorpsi. Dalam mekanismenya, elektron pada tingkat HOMO (Orbital molekuler terisi tertinggi) dari polutan organik mengalami transisi ke tingkat LUMO (Orbital molekul kosong terendah), dan elektron ini selanjutnya terdistribusi ke pita konduktansi  $\text{TiO}_2$ . Elektron ini kemudian digunakan oleh oksigen untuk menghasilkan bagian oksidatif, yang mendegradasi polutan organik yang sudah bereaksi sebagian. Jalur interaksi dominan ketika sistem  $\text{TiO}_2$  disinari dengan cahaya tampak yang mengandung UV. Energi yang lebih rendah tersedia dari cahaya tampak tidak

cukup untuk menginduksi foto-aktivasi  $\text{TiO}_2$ , tetapi mereka dapat menyebabkan sensitifnya zat organik dan degradasinya. Celah pita anatase kira-kira 3,2 eV sedangkan celah pita rutil adalah 3.0 eV. Setelah eksitasi dengan foton yang menghasilkan energi lebih tinggi dari energi celah pita, sebuah elektron didistribusikan dari valensi menuju pita konduksi, menghasilkan pasangan lubang elektron di pita konduksi dan valensi masing-masing. Muatan fotogenerasi menyebar ke permukaan partikel semikonduktor yang dapat terjadinya reaksi redoks; lubang dapat menghasilkan kekosongan pada  $\text{TiO}_2$  permukaan atau tereksitasi berkurangnya elektron, sedangkan elektron yang tereksitasi biasanya bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan radikal bebas  $\text{O}_2\cdot$ . Hal ini dapat terjadinya fotodekomposisi senyawa organik, di mana air dan oksigen yang teradsorpsi telah digambarkan memainkan peran penting. Ada beberapa jalur yang diusulkan untuk fotodegradasi polutan. Mekanisme fotodegradasi yang paling umum didasarkan pada model kinetik Langmuir-Hinshelwood

#### 2.2.2 Fotokatalisis sebagai dasar metode desinfeksi baru.

Penggunaan intensif agen antimikroba, termasuk antibiotik dalam kemoterapi manusia dan hewan, akuakultur dan peternakan telah ditunjukkan sebagai penyebab utama di balik peningkatan resistensi antibiotik yang luar biasa dalam pengaturan klinis dan di lingkungan. Munculnya dan penyebaran bakteri resisten antibiotik tidak hanya menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat, tetapi juga menyebabkan biaya tinggi untuk layanan kesehatan nasional. Disinfektan organik adalah salah satu zat yang dapat mendorong penyebaran resistensi antibiotik, mengingat terjadinya co-seleksi karena hubungan genetik antara antibiotik dan biosida. Oleh karena itu, pengembangan teknik desinfeksi baru berdasarkan biosida yang terjadi secara alami dalam sistem kekebalan manusia sangat menarik. Sel fagosit dari sistem kekebalan tubuh manusia menggunakan efek sitotoksik ROS sebagai komponen mekanisme pertahanan inangnya. Ketika fagosit bertemu mikroorganisme, sebagian dari membran fagosit mengelilinginya – langkah pertama dari pembentukan fagolisosom. Proses ini menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen fagosit dan mengaktifkan kompleks oksidase bergantung NADPH yang unik terkait membran. Kompleks enzimatik ini secara univalen mereduksi  $\text{O}_2$  ke  $\text{O}_2\cdot$  (Magalh et al., 2017).

Mekanisme yang terlibat dalam pembentukan oksidan yang dimediasi fagosit dan toksisitas mikroba melibatkan reaksi intra atau ekstraseluler yang dikatalisis besi (Fe) dari  $O_2^\bullet$  dan  $H_2O_2$  membentuk  $OH^\bullet$ . ROS ini dikenal sangat reaktif dengan molekul biologis dan berbagai penulis mengusulkan bahwa  $OH^\bullet$  radikal adalah yang paling beracun. Selama proses fotokatalisis, ROS serupa terbentuk. Oleh karena itu, fotoinaktivasi tampaknya merupakan alternatif yang baik untuk metode desinfeksi yang umum digunakan.

Matsunaga dan rekan kerja pada tahun 1985 adalah yang pertama penulis menilai kelayakan menggunakan  $TiO_2$  yang diaktifkan UV untuk fotoinaktivasi. Studi ini kembali memporting fotoinaktivasi yang berhasil dari kedua bakteri Gram negatif dan Gram positif (*Escherichia coli* dan *Lactobacillus acidophilus*, masing-masing) dan sel ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) oleh bubuk semi konduktor (titanium dioksida yang didoping platinum, Pt- $TiO_2$ ). Karya pionir ini memicu banyak studi untuk menilai efisiensi  $TiO_2$  fotokatalisis pada inaktivasi mikroorganisme dan virus, serta racun mikroba dan prion. Ringkasan representatif dari studi yang dilakukan hingga saat ini tentang fotoinaktivasi, serta perbandingan teknik ini dengan metode desinfeksi tradisional (Magalh et al., 2017). Mengingat ketersediaan komersial nanopartikel  $TiO_2$ , sebagian besar studi yang menilai kemanjuran fotoinaktivasi telah dilakukan. yang menunjukkan kinerja dan stabilitas tinggi ketika dieksitasi dengan radiasi UV. Sebagian besar penelitian menggunakan suspensi axenic bakteri sebagai organisme target, seperti *Escherichia coli*, indikator kontaminasi feses yang dicirikan dengan baik dan digunakan secara universal, yang paling banyak digunakan. Namun, domain Bakteri mengakomodasi keragaman organisme yang sangat besar, tercermin dalam berbagai kelompok filogenetik, genotipik dan fenotipik. Oleh karena itu, perbedaan struktur seluler, metabolisme, patogenisitas, atau toleransi terhadap kondisi stres, termasuk resistensi terhadap agen antimikroba, dapat mempengaruhi kerentanan bakteri terhadap fotokatalisis. Ini menjelaskan mengapa bakteri lain, termasuk bakteri Gram positif (*filum Firmicutes dan Actinobacteria*), pembentuk endospora (kelompok *Firmicutes* terbatas, termasuk *genera* seperti *Bacillus* dan *Clostridium*), patogen atau patogen oportunistik (seperti *Legionella pneumophila* dan *Pseudomonas aeruginosa*), dan



bakteri resisten antibiotik telah digunakan sebagai uji organisme-organisme dalam percobaan fotoinaktivasi.

Mengingat kompleksitas komunitas bakteri di lingkungan alami, beberapa penelitian menilai kemanjuran fotokatalisis dalam suspensi campuran dengan komposisi yang diketahui, atau dengan cara yang lebih realistis, dalam air limbah. Kemanjuran fotokatalisis dalam inaktivasi mikroorganisme eukariotik, baik dalam suspensi axenik atau campuran juga telah dinilai. Faktanya, perbedaan dalam struktur seluler organisme prokariotik dan eukariotik dapat menyebabkan toleransi yang berbeda terhadap fotokatalisis. Alasan serupa berada di belakang penelitian yang dilakukan dengan bentuk dorman prokariotik dan eukariotik (spora, kista). Memang, inaktivasi struktur ini, terutama endospora bakteri, telah menjadi tantangan karena ketahanannya yang terkenal terhadap agen antimikroba kimia dan fisik

Fotoinaktivasi  $\text{TiO}_2$  diharapkan menjadi dasar dari berbagai proses dan bahan yang kompatibel dengan aplikasi komersial untuk disinfeksi. Memang, proses disinfeksi baru berbasis fotokatalisis dapat berpotensi digunakan di beberapa bidang, seperti disinfeksi air, aplikasi medis dan industri farmasi serta makanan. Mengingat berbagai aplikasi potensial, penilaian fotoinaktivasi telah dilakukan dalam matriks yang berbeda. Mayoritas studi menilai kemanjuran nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dalam suspensi berair. Hal ini terjadi terutama karena diketahui bahwa proses fotoinaktivasi lebih disukai ketika sel-sel bersentuhan langsung dengan fotokatalis. Namun, dan terutama karena potensi efek berbahaya dari nanopartikel dalam kesehatan manusia dan lingkungan, immobilisasi  $\text{TiO}_2$  telah dipelajari). Memang, immobilisasi  $\text{TiO}_2$  sangat penting untuk aplikasi komersial, juga karena dua alasan utama;

1. Sulit untuk memulihkan fotokatalis bila digunakan sebagai bubuk; ini membutuhkan tahap pemisahan padat-cair pasca perlakuan, yang akan menambah kompleksitas dan biaya untuk keseluruhan proses.
2. Ketika tidak mungkin untuk memulihkan fotokatalis, kerugian total bahan ini menyiratkan kerugian ekonomis dan Titania sendiri menjadi polutan.

$\text{TiO}_2$  telah diimmobilisasi dalam bahan yang berbeda seperti kaca (piring, manik-manik), polimer (polipropilen, polikarbosilane, selulosa asetat), cat dan cakram

kuarsa. Bahan-bahan ini telah digunakan dalam pelapis permukaan (kaca, lembaran selulosa asetat), pelapis cat dan membran impregnasi. Pendekatan ini dapat digunakan untuk inaktivasi organisme dalam larutan berair (Magalh et al., 2017)

Peneliti mempelajari pengetahuan tentang cara membuat pelapis partikel  $\text{TiO}_2$  pada kayu dari studi dikhususkan untuk pembuatan partikel titania monodispersi dari larutan berair  $\text{TiO}_2$ . Dengan menggunakan metode hidrotermal dan kondisi autoklaf, (Cheng et al) menunjukkan bahwa keasaman tinggi dan konsentrasi  $\text{Cl}^-$  tinggi bermanfaat bagi pembentukan fase rutil dari larutan  $\text{HCl}$   $\text{TiO}_2$ . Termolisis  $\text{TiO}_2$  dalam larutan  $\text{HCl}$  digunakan oleh untuk persiapan polimorf brookite dan rutil (Pottier et al). Telah ditunjukkan bahwa rutil sebagian besar terbentuk dari larutan  $\text{TiO}_2$  air konsentrasi tinggi dan pada  $\text{HCl}$  . tinggi konsentrasi tetapi, dalam kondisi yang lebih ringan, brookite dan rutil muncul bersama-sama. Pengendapan titania terjadi ketika ligan hidroksida atau klorida dihilangkan oleh proses termolitik atau hidrotermal dan kompleks netral  $(\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$  (M Farahmandjou et al., 2013)

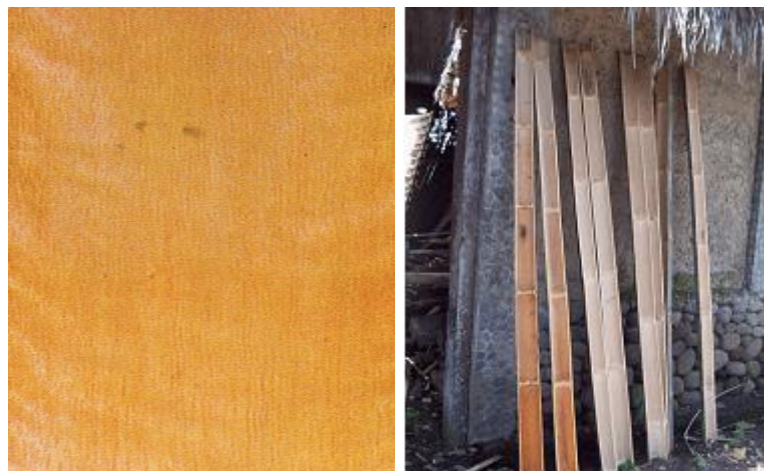
### 2.3 SDS (*Sodium dodesil sulfat*)

*Sodium dodesil sulfat* (SDS atau NaDS) atau biasa juga dikenal dengan *Sodium lauryl sulfate* ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$ ) merupakan surfaktan anionik yang dipakai untuk pembuatan produk industri terutama bahan rumah tangga seperti produk sabun pencuci, pembersih lantai, shampoo mobil, dan berbagai keperluan rumah tangga seperti pasta gigi, sabun, sampo, dan lain-lain. Senyawa SDS yang merupakan Molekul yang memiliki bagian hidrofobik yang memiliki 12 atom karbon ada bagian yang berikatan dengan gugus sulfat lalu akan menjadikannya senyawa amfifilik. SDS memiliki Struktur senyawa berupa: *Sodium lauryl sulfate* yang mana dikehiduoan sehari-hari lebih dikenal dengan nama dari sodium dodesil sulfat yang ia sendiri adalah surfaktan anionik. Layaknya berbagai jenis dan macam Seperti semua surfaktan untuk sabun cuci atau deterjen (termasuk sabun mandi), SDS (*sodium lauryl sulfate*) bisa mengangkat minyak dan lemak dari porselen dan kulit, namun mampu mengakibatkan iritasi pada selaput lender seperti mata.

SDS banyak diketahui sebagai sabun deterjen yang memiliki karakter atau sifat polar dan nonpolar yang mampu berikatan dengan protein sedemikian rupa sehingga menyebabkan bagian nonpolar dari SDS masuk kedalam sisi nonpolar (hidrofobik) dari senyawa protein, kemudian pada gugus sulfat dari SDS yang memiliki muatan negatif terikat langsung atau terekspos pada senyawa pelarut. SDS memiliki fungsi sebagai mendenaturasi senyawa protein yang disebabkan SDS bersifat sebagai deterjen pengikat yang mengakibatkan ikatan dalam senyawa protein terlepas membentuk senyawa protein yang dapat terelusi keluar dengan sendirinya dalam gel begitu pula pada mercaptoetanol. SDS mampu mengganggu konformasi secara spesifik dari senyawa protein melalui pelarutan molekul hidrofobik yang berada didalam struktur molekul tersier polipeptida. SDS mampu mengkonversi semua molekul senyawa protein sehingga akan kembali ke dalam bentuk struktur primernya (struktur linear) dengan cara memecahkan jarak regangan pada gugus utama senyawa polipeptida. SDS dapat dan mampu bereaksi dengan seluruh rantai senyawa peptida yang bermuatan negatif (Fatchiyah, 2011).

#### 2.4 Bambu

Bahan pendukung pada penelitian ini adalah kayu dengan tingkat porositas yang baik, maka dipilihlah jenis kayu yang mudah didapat tetapi dengan karakteristik yang sesuai. Sebagai ciri yang baik dari kayu tersebut adalah memiliki struktur yang baik, luas permukaan yang besar serta porositas kayu yang juga besar.



Gambar 3. Bentuk serat bambu

### Karakteristik Bambu

- Nama botanis : *Shorea spp.*, famili *Dipterocarpaceae*, (terutama: *S. acuminatissima* Sym., *S. faguetiana* Heim., *S. gibbosa* Brandis, *S. hopeifolia* Sym., *S. multiflora* Sym.)
- Nama perdagangan : Meranti kuning, meranti kunyit, damar kuning, damar tanduk
- Daerah persebaran : Aceh, Sumatra Barat, Sumutra Utara, Sumatra Selatan, Jambi, Riau, Seluruh Kalimantan.
- Warna Kayu teras berwarna kuning muda atau coklat kuning muda, kadang-kadang agak kehijau-hijauan, gubal umumnya berwarna lebih terang, yaitu kuning cerah bila segar lama-kelamaan menjadi putih kelabu, karena adanya pewarnaan akibat serangan jamur biru.
- Tekstur, Tekstur kayu agak kasar dan merata, lebih halus dari meranti merah dan meranti putih. Arah serat, Arah serat berpadu, tetapi tidak begitu mencolok.

**Sumber** : (Wood, 2008)

Porositas kayu, Porositas ditentukan untuk mengetahui pori-pori (porositas) yang terdapat dalam sampel kayu. Porositas merupakan satuan yang menyatakan keporositasan suatu kayu (Wood, 2008)

## 2.4 Air Sungai Kampar

### 2.4.1 Karakteristik dari Air Sungai Kampar

Air sungai Kampar merupakan bahan alami yang banyak sekali terdapat diberbagai daerah di Indonesia yang merupakan air permukaan yang umunya terdapat di daerah berawa maupun dataran tanah rendah seperti yang ada di Sumatera dan Kalimantan, yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a) Air gambu memiliki Intensitas warna yang mencolok (berwarna merah kuning dan ada juga kecoklatan)
- b) PH air sungai Kampar yang rendah yang tergolong asam
- c) Dalam air sungai Kampar Kandungan zat organiknya sangat tinggi

- d) Tingkat kekeruhan serta kandungan partikel terabsorpsi dan tersuspensi tergolong rendah
- e) Kemudian kandungan kation dan ion yang rendah.

Sumber (Rosli, Gandaseca, Ismail, Jailan, & Sarawak, 2010)

Warna coklat yang dihasilkan bisa juga mengarah ke kemerahan pada air sungai Kampar adalah akibat dari tingginya kandungan berbagai macam zat organik terutama (bahan humus) yang larut dalam air sungai Kampar dan dalam bentuk asam humus serta turunannya. Umumnya Asam humus itu memiliki asal dari dekomposisi zat dan bahan organik seperti dedaunan, pepohonan ataupun berbagai jenis dan macam kayu dengan beragam tingkat dekomposisi, walaupun demikian, secara umum sudah mencapai dekomposisi yang seimbang dan stabil (Abdi & Min, 2013)

Dari berbagai macam persoalan air sungai Kampar, akumulasi warna akan semakin besar yang disebabkan oleh adanya unsur logam besi (Fe) yang sudah terikat oleh berbagai jenis asam-asam organik yang terlarut dalam air sungai Kampar. Bentuk dan Struktur air sungai Kampar yang lembut dan memiliki pori-pori mengakibatkan susah dalam menampung dan menahan air, yang mana air pada tanah sungai Kampar itu disebut dengan air sungai Kampar. Berdasarkan sumber airnya, tanah dan lahan bersungai Kampar dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Masduqi, 2017);

1. Bog, yaitu tipe dari tanah sungai Kampar yang mana sumber airnya dapat berasal dari kupulan air hujan yang tergenang serta ada juga berasal dari air permukaan. Oleh sebab air hujan itu memiliki pH yang asam maka setelah masuk dan bercampur dengan tanah sungai Kampar, maka ia akan ikut bersifat asam dan kemudian warnanya menjadi coklat disebabkan adanya bahan organik.
2. Fen, yaitu tanah sungai Kampar yang airnya berasal dari air tanah yang biasanya mata air yang dikontaminasi oleh mineral sehingga menyebabkan pH dari air sungai Kampar itu mempunyai pH netral dan ada juga yang lebih ke basa (Arifianingsih, Zevi, Helmy, & Notodarmojo, 2020).

Jika dilihat air sungai Kampar berdasarkan kelarutannya, maka didalam kondisi alkali dan asam, asam humus dapat dibedakan dalam tiga bagian utama yaitu (Rosli et al., 2010) :

1. Asam humat atau humus bisa diistilahkan sebagai produk akhir dari dekomposisi bahan dan zat organik dikarenakan adanya organisme yang secara secara aerobic akan mengubahnya. Ciri-ciri dari asam humus ini antara lain:
  - a. Asam humus ini memiliki BM 10.000 hingga 100.000 g/mol.
  - b. Asam Humus juga merupakan bagian dari humus yang memiliki sifat sukar larut dalam air yang kondisi  $\text{pH} < 2$  akan tetapi mampu larut pada  $\text{pH}$  yang lebih tinggi.
  - c. Asam humus juga bisa diekstraksi atau dipisahkan dari tanah dengan bermacam reagen dan tidak larut dalam larutan asam.
  - d. Asam humat merupakan bagian yang sangat mudah dipisahkan dan diekstrak diantara bagian komponen humus lainnya.
  - e. Asam humus juga memiliki berbagai warna yang bermacam, seperti coklat pekat, kekuningan sampai abu-abu sangat pekat.
  - f. Humus pada tanah lahan bersungai Kampar memiliki lebih banyak kandungan asam humat yang mana asam humus merupakan senyawa organik yang sungguh kompleks, dimana secara umum mempunyai ikatan aromatik panjang dan juga nonbiodegradable yang artinya produk atau hasil oksidasi dari senyawa lignin (gugus fenolik).

## 2. Asam fulvat

Asam fulvat adalah sebuah senyawa dengan jenis asam organik alami yang bersumber dari humus tanah, mampu larut dalam air, banyak dijumpai dalam air permukaan. Asam Fulvat mempunyai berat molekul (BM) yang rendah dengan rentang 1000 hingga 10.000 (Collet, 2007).

## 3. Humin

Asam Kompleks humin dianggap sebagai molekul paling besar dari senyawa humus karena rentang berat molekulnya mencapai 100.000 hingga 10.000.000. Sedangkan sifat kimia dan fisika humin belum banyak diketahui (Tan, 1982).

Tan juga menyatakan bahwa karakteristik humin adalah berwarna coklat gelap, tidak larut dalam asam dan basa, dan sangat resisten akan serangan mikroba. Tidak dapat diekstrak oleh asam maupun basa.

Tabel 2. Karakteristik Air Sungai Kampar dari Berbagai Lokasi di Sumatera & Kalimantan.

| No | Parameter               | Satuan                    | Air Sungai Kampar |        |         |        |      | Syarat Air Minum |
|----|-------------------------|---------------------------|-------------------|--------|---------|--------|------|------------------|
|    |                         |                           | Kalsel            | Kalbar | Kalteng | Sumsel | Riau | Menkes           |
| 1  | Warna                   | PtCo<br>mg/L              | 753               | 527    | 725     | 1315   | 1125 | 15               |
| 2  | Kekeruhan               | SiO <sub>2</sub><br>M     | 32                | 0      | 0.5     | 5      | 9    | 5                |
| 3  | DHL                     | mho/cm                    | -                 | 30     | 50      | 78     | 75   | -                |
| 4  | pH                      | -                         | 4.1               | 3.9    | 3.6     | 5      | 4    | 6.5-8.5          |
| 5  | Zat Organik             | mg/L<br>KMnO <sub>4</sub> | 278               | 194    | 172     | 290    | 243  | 10               |
| 6  | Kesadahan               | OD                        | 2.05              | 0.48   | -       | 5.5    | 1.4  | 500              |
| 7  | Kalsium                 | mg/L                      | -                 | -      | -       | 4.5    | -    | -                |
| 8  | Magnesium               | mg/L                      | 8.83              | 2.1    | -       | 20.9   | 6.2  | -                |
| 9  | Besi                    | mg/L                      | -                 | -      | -       | -      | -    | 0.3              |
| 10 | Mangan                  | mg/L                      | -                 | -      | -       | -      | -    | 0.1              |
| 11 | Chlorida                | mg/L                      | 11.11             | 5.48   | -       | 162    | 18   | 250              |
| 12 | SO <sub>4</sub>         | mg/L                      | -                 | -      | 5.1     | 11.2   | -    | 400              |
| 13 | HCO <sub>3</sub>        | mg/L                      | -                 | 51.4   | -       | -      | -    | -                |
| 14 | CO <sub>2</sub> agresif | mg/L                      | -                 | -      | 31      | -      | 80.6 | -                |

**Sumber :** Puslitbang Pemukiman (Irianto,1998).

Karakteristik air sungai Kampar bersifat spesifik, bergantung pada lokasi, jenis vegetasi dan jenis tanah tempat air sungai Kampar tersebut berada, ketebalan sungai Kampar, usia sungai Kampar, dan cuaca. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.2 karakteristik air sungai Kampar dari sebagian wilayah Indonesia yang merupakan hasil penelitian Puslitbang Pemukiman bekerja sama dengan instansi terkait (Arifianingsih et al., 2020).

#### 2.5.2 Pengolahan Air Sungai Kampar

Karakteristik air sungai Kampar seperti yang telah disebutkan di atas menunjukkan bahwa air sungai Kampar kurang menguntungkan untuk dijadikan air minum bagi masyarakat di daerah berawa. Namun karena jumlah air sungai Kampar

tersebut sangat banyak dan dominan berada di daerah tersebut maka harus bisa menjadi alternatif sumber air minum masyarakat. Kondisi yang kurang menguntungkan dari segi kesehatan adalah sebagai berikut :

- a. Kadar keasaman pH yang rendah dapat menyebabkan kerusakan gigi dan sakit perut.
- b. Apabila dalam pengolahan air sungai Kampar tersebut digunakan klor sebagai desinfektan, akan terbentuk trihalometan (THM'S) seperti senyawa argonoklor yang dapat bersifat karsinogenik (kelarutan logam dalam air semakin tinggi bila pH semakin rendah), (Wagner, 2001).
- c. Ikatannya yang kuat dengan logam (Besi dan Mangan) menyebabkan kandungan logam dalam air tinggi dan dapat menimbulkan kematian jika dikonsumsi secara terus menerus (Arifianingsih et al., 2020)

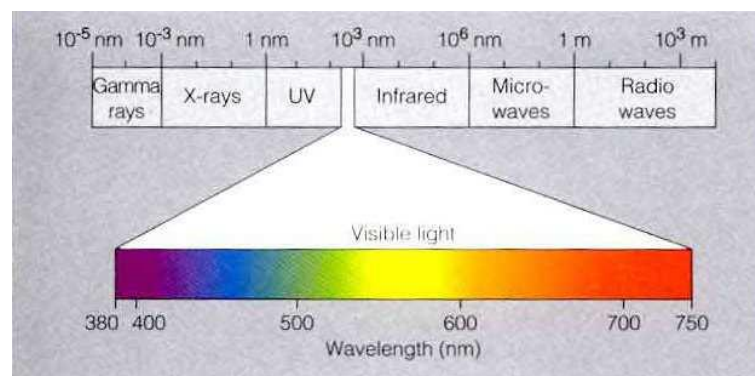
Dengan demikian metode penjernihan air sungai Kampar dengan memanfaatkan sinar U+v dan katalis  $TiO_2$  yang didukung oleh Bambu akan lebih efisien dalam penjernihan air dengan biaya rendah dan teknologi ramah lingkungan serta bahan baku tersedia berlimpah di Alam (Sun et al., 2017).

## 2.5 Sinar UV

Istilah ultraviolet berarti "melebihi ungu" (dari bahasa Latin ultra, "melebihi"), sedangkan kata ungu merupakan warna panjang gelombang paling pendek dari cahaya dari sinar tampak. Beberapa hewan, termasuk burung, reptil, dan serangga seperti lebah dapat melihat hingga mencapai "hampir UV". Banyak buah-buahan, bunga dan benih terlihat lebih jelas di latar belakang dalam panjang gelombang UV dibandingkan dengan penglihatan warna manusia. Sinar ultraviolet bisa dihasilkan oleh atom-atom dan molekul dalam loncatan listrik. Matahari merupakan sumber utama dari sinar ultraviolet. Sinar UV dari Matahari dapat mengionisasi partikel-partikel di atmosfer yang berada pada ketinggian sekitar 80 km yang disebut lapisan



ionosfer. Lapisan ozon ( $O_3$ ) di atmosfer dapat menyerap sinar UV sehingga tidak sampai ke permukaan bumi. Berlubangnya lapisan ozon dapat meningkatkan sinar UV yang sampai ke permukaan bumi, sehingga akan mengancam makhluk hidup. Sinar UV dapat dimanfaatkan dalam bidang industri terutama dalam proses sterilisasi. Secara umum pita gelombang cahaya matahari dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu sinar ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 100 - 400 nm. Berikutnya cahaya tampak atau cahaya yang bisa terlihat oleh mata manusia pada 400 - 700 nm



Gambar 4. Spektrum cahaya gelombang elektromagnetik. ( Sumber: Branly 2020)

Ultraviolet merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik dan tidak membutuhkan medium untuk merambat. Ultraviolet mempunyai rentang panjang gelombang antara 100-400 nm yang berada di antara spektrum sinar X dan cahaya tampak. Spektrum elektromagnetik pada area UV terbagi menjadi 3 pita yaitu; ultraviolet A (UVA: 315-400 nm); ultraviolet B (UVB: 280-315 nm) dan ultraviolet C (UVC: 100- 280 nm). Radiasi sinar UV matahari pada sel hidup dapat menyebabkan berbagai resiko fotokimiawi seperti, fotoisomerisasi, dan fotooksidasi. Reaksi fotooksidasi terjadi akibat pelepasan (ROS) berupa : anion superoksida ( $O_2^*$ ), hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dan radikal hidroksil ( $OH^*$ ) oleh kromofor yang menyerap sinar ultraviolet (Kochegar, 1995).

Reaksi kulit terhadap radiasi sinar UV di antaranya adalah terbentuknya radikal bebas ( $O_2^*$  dan  $OH^*$ ), dan kematian sel secara langsung. Pengaruh patobiologik sinar ultraviolet (UV-A dan UV-B) menghasilkan radikal bebas dan

menimbulkan kerusakan pada DNA, radikal bebas inilah merupakan faktor utama yang mempercepat proses penuaan dini (Backman, 1988).

Sinar ultraviolet (UV) dipancarkan oleh matahari yang dapat mencapai permukaan bumi memberikan tanda dan simptom terbakarnya kulit, kemerahan pada kulit (eritema), dan terjadinya pengelupasan kulit (Pratama & Zulkarnain, 2015). Senyawa Tabir surya merupakan zat yang mengandung bahan pelindung kulit terhadap sinar matahari sehingga sinar UV tidak dapat memasuki kulit (mencegah gangguan kulit karena radiasi sinar). Tabir surya dapat melindungi kulit dengan cara menyebarkan sinar matahari atau menyerap energi radiasi matahari yang mengenai kulit, sehingga energi radiasi tersebut tidak langsung mengenai kulit (Pratama & Zulkarnain, 2015).  $\text{TiO}_2$  merupakan pigmen putih yang paling banyak digunakan karena kecerahan dan indeks biasnya sangat tinggi ( $n=2,4$ ), biasanya ditemukan dalam bentuk bubuk sebagai produk seperti cat, pelapis, kertas, tinta, makanan, obatobatan (pil dan tablet), serta pasta gigi; sebagai pigmen untuk memutihkan susu skim (Phillips and Barbano, 1997); sebagai tabir surya dan penyerap UV dalam kosmetik dengan mekanisme pemblok fisik (Fujishima et al., 2005).

Pemrosesan ultraviolet melibatkan penggunaan radiasi dari daerah ultraviolet spektrum elektromagnetik untuk tujuan desinfeksi. Biasanya, kisaran UV mengacu pada panjang gelombang antara 100 dan 400nm. Kisaran ini dapat dibagi lagi. UV A sesuai dengan panjang gelombang antara 315 dan 400 nm dan biasanya bertanggung jawab atas perubahan kulit manusia yang menyebabkan penyamakan; UV B mengacu pada panjang gelombang antara 280 dan 315 nm dan merupakan penyebab utama pembakaran kulit dan juga dapat menyebabkan kanker kulit. UVC – 200 hingga 280 nm – disebut rentang germisida, karena dianggap paling efektif untuk menonaktifkan bakteri dan virus. Akhirnya, rentang U V vakum (100 hingga 200 nm), dapat diserap oleh hampir semua zat dan hanya dapat ditransmisikan dalam ruang hampa.

Diantara metode desinfeksi yang disebutkan di atas, sinar UV telah diadopsi sebagai proses pengolahan yang paling tepat untuk air minum karena mudah digunakan, sangat efektif untuk menonaktifkan mikroba dan tidak memperkenalkan bahan kimia atau menyebabkan produksi produk sampingan desinfeksi berbahaya

di air. Metode ini meningkatkan keamanan tambahan setelah proses pengobatan tradisional. Radiasi UV bertanggung jawab untuk berbagai efek biologis, termasuk modifikasi dalam struktur protein dan DNA. Mengenai kerusakan DNA, hal itu dapat mengakibatkan penghambatan replikasi sel dan, dalam kasus dosis yang mematikan, hilangnya kemampuan untuk bereproduksi. Meskipun panjang gelombang UV-A yang berbatasan dengan cahaya tampak tidak cukup energik untuk secara langsung memodifikasi basa DNA, kerusakan membran sel dapat diinduksi melalui produksi ROS, seperti oksigen singlet, superoksida, hidrogen peroksida dan radikal hidroksil, yang dihasilkan melalui eksitasi oksigen terlarut dalam air. Selanjutnya, menurut beberapa penulis, kerusakan yang disebabkan oleh radiasi UV terus berlanjut bahkan setelah akhir periode penyinaran. DNA bakteri adalah target penting dari radiasi UV dan efeknya tergantung pada beberapa parameter, seperti spektrum UV, konsentrasi oksigen terlarut, konsentrasi garam dan kondisi pertumbuhan pasca iradiasi. Mikroorganisme yang berbeda merespon secara berbeda terhadap efek mematikan dari UV. Diketahui bahwa efektivitas sistem desinfeksi UV tergantung pada sensitivitas mikroorganisme target terhadap UV, kandungan mikroba, fenotipe resistensi antibiotik, sumber cahaya, radiasi UV.

Intensitas waktu pemaparan mikroorganisme terhadap radiasi dan kemampuannya untuk tumbuh kembali tergantung dari intensitas dan waktu pemaparan UV, hal ini tentu dapat digunakan untuk penghambatan mikroorganisme di permukaan, di udara atau di air. Beberapa karya ilmiah melaporkan penggunaan radiasi UV pada inaktivasi mikroorganisme disajikan pada saat menggunakan intensitas cahaya  $2 \text{ W/m}^2$ , hal ini mungkin untuk mencapai nilai inaktivasi tinggi mikroorganisme yang berbeda dalam sampel air limbah. Waktu kontak 50 detik diizinkan untuk mencapai pengurangan log 4 hingga 5 untuk *Staphylococcus aureus* (MRSA) yang resisten *methicillin*, *E. coli*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. Waktu kontak yang lebih tinggi (100 detik) diperlukan untuk mencapai nilai reduksi log yang sama untuk *Enterococcus faecium* (VRE) yang resisten *vankomisin*. Dalam sebuah penelitian yang menilai efektivitas radiasi UV pada inaktivasi beberapa bakteri vegetatif (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *E. coli*, *Salmonella enterica*, *Shigella sonnei*) spora *Bacillus subtilis*, kista *Acanthamoeba castellanii* dan virus (virus polio tipe 1 dan simian rotavirus SA11), penelitian

tersebut melaporkan bahwa virus, spora, dan kista 3-4, 9 dan 15 kali lebih resisten daripada bakteri vegetative (Magalh et al., 2017).

### 2.6.1 Fenomena fotokatalitik dengan sinar UV

Fenomena fotokatalitik telah dipelajari secara intensif sekarang selama beberapa tahun oleh banyak peneliti, dan itu cukup dipahami dengan baik. Karena  $\text{TiO}_2$  adalah semikonduktor dengan celah pita sekitar 3,0 eV, sinar UV (dengan panjang gelombang lebih pendek dari 400 nm) dapat mengeksitasi pasangan elektron dan hole, seperti yang telah dibahas. Elektron fotogenerasi kemudian bereaksi dengan molekul oksigen ( $\text{O}_2$ ) untuk menghasilkan anion radikal superoksida ( $\bullet\text{O}_2^-$ ), dan lubang yang dihasilkan foto bereaksi dengan air menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Kedua jenis radikal yang agak reaktif ini kemudian bekerja sama untuk menguraikan senyawa organik. Semakin lama film disinari dengan sinar UV, semakin banyak bahan organik yang dapat terurai, sehingga, misalnya, noda minyak di permukaan secara bertahap akan hilang (Hashimoto et al., 2006).

Terlepas dari interaksi yang jelas dari kompleks titanium hidroksokloro kompleks dengan  $\text{OH}^-$  dengan kayu, ikatan silang hemiselulosa oleh ion titanium dan pengompleksan lignin Sistem ikatan-H air dalam kayu tidak terpengaruh sedemikian rupa untuk memberikan kayu hidrofobitas  $\text{WCA}$  (*water contact angle*)  $> 90^\circ$  yang tetap hidrofilik ( $\text{WCA} \sim 10-15^\circ$ ). Namun, hidrofobitas yang kuat dicatat untuk kayu yang diberikan terlebih dahulu dengan SDS dan kemudian diperlakukan secara hidrotermal dengan larutan  $\text{TiO}_2$ . Nilai  $\text{WCA}$  statis  $\text{TiO}_2$ /(kayu/SDS) permukaan meningkat menjadi  $150-155^\circ$  yang sesuai dengan nilai  $\text{WCA}$  untuk kayu yang diberi perlakuan  $\text{TiO}_2$  dengan endapan SDS. Nilai  $\text{WCA}$  tinggi yang kami kaitkan dengan struktur hierarkis yang disimpan Partikel  $\text{TiO}_2$  seperti yang dilaporkan oleh (Zheng et al).

Kemudian dengan gugus sulfat dari anion dodesilsulfat teradsorpsi kuat pada permukaan partikel  $\text{TiO}_2$ . Sepertinya itu selama perlakuan hidrotermal bagian hidrofobik dari anion dodesilsulfat langsung berinteraksi dengan prekursor titania kompleks dan menjadi partikel yang teradsorpsi pada permukaan kayu. Lebih banyak pekerjaan direncanakan di masa depan untuk memahami efek ini. Aktivitas

fotokatalitik yang lebih rendah dari lapisan tipis mungkin karena adanya reaksi substrat yang menyerap  $\text{TiO}_2$ . Perbedaan struktur kristal dan lapisan tipis yang diendapkan dengan teknik *hydrothermal deposition* Dilaporkan bahwa aktivitas fotokatalitik anatase murni atau rutil lebih rendah daripada campuran fase-fase ini. Sulit untuk menjelaskan perbedaan aktivitas fotokatalitik dan lapisan tipis yang berdasarkan sifat fisika-kimianya. Banyak publikasi berusaha untuk menetapkan efek fitur fisiko-kimia fotokatalis pada aktivitas fotokatalitik. Meskipun demikian korelasi antara sifat fisikokimia bahan fotokatalitik dan aktivitasnya tidak diketahui dengan baik. Salah satu alasannya adalah sulitnya mempelajari pengaruh satu sifat material terhadap aktivitas fotokatalitik karena seringkali ketika salah satu sifat diubah, hal itu juga menyebabkan modifikasi sifat lainnya. Harusnya ada upaya yang berhasil untuk menemukan korelasi antara sifat fisiko-kimia fotokatalis dan aktivitasnya (Pori et al., 2016).

## 2.7 Hydrothermal

Metode *hydrothermal* dapat menghasilkan kristalinitas dengan kemurnian yang lebih tinggi. Mineral yang terbentuk di lingkungan *hydrothermal* adalah hasil presipitasi dari larutan air panas dimana Proses *hydrothermal* merupakan proses pembentuk mineral yang terjadi oleh pengaruh temperatur dan tekanan yang sangat rendah dari larutan panas yang terbentuk sebelumnya dari larutan *hydrothermal* adalah cairan bertemperatur tinggi (100 – 500°C). Larutan *hydrothermal* terjadi dalam beberapa cara, Salah satunya peleburan magma yang terjadi oleh parsial basah yang mendingin dan mengkristal, air yang menyebabkan peleburan parsial basah dilepaskan, namun tidak sebagai air murni tetapi mengandung semua unsur yang dapat larut yang terdapat pada magma seperti NaCl dan unsur kimia: emas, perak, tembaga, timbal, zinc, merkuri dan molybdenum. Suhu yang tinggi meningkatkan efektifitas larutan untuk membentuk endapan mineral *hydrothermal* (Putri, Ritonga, & Murdiati, n.d.) (Pori et al., 2016).

Sintesis *hydrothermal* termasuk salah satu teknik dari dari pengkristalan dari temperatur tinggi pada *aqueous solutions* dengan tekanan tinggi. Terminologi *hydrothermal* berasal dari geologi. Para geokemist dan mineralogist telah mempelajari fase kesetimbangan dari *hydrothermal* sejak abad ini. George W

Morey di Carnegie Institut dan kemudian Percy W Bridgman di Universitas Harvard telah berjasa besar meletakkan dasar yang diperlukan untuk dari media reaktif pada temperatur dan tekanan dimana sebagian besar kerja *hydrothermal* dikonduksikan.

Sintesis *hydrothermal* dapat didefinisikan sebagai metode sintesis dari kristal tunggal yang tergantung pada kesolutan dari mineral pada air panas dibawah tekanan tinggi. Pertumbuhan kristal dibentuk dalam apparatus yang terdiri dari tekanan vessel baja yang disebut *autoclave*, yang mana nutrient dihasilkan terus bersama air. Gradien suhu ditentukan pada akhir kebalikan dari ruang pertumbuhan. Prinsip teknik *hydrothermal* yaitu pemanasan reaktan dalam wadah tertutup dengan menggunakan medium air dimana sistem yang tertutup ini memungkinkan tekanan dan suhu yang meningkat dengan cepat. Sintesis *hydrothermal* secara umum dapat diartikan sebagai sintesis kristal atau pertumbuhan kristal pada temperatur dan tekanan tinggi. Sintesis *hydrothermal* dilakukan pada suhu dibawah 300°C. Sehingga memperoleh hasil kemurnian dan kristalinitas yang tinggi dengan hanya memanfaatkan mineral alam Indonesia yang berkualitas rendah sebagai bahan utama dalam metode *hydrothermal*. Kelebihan dari teknik sintesis *hydrothermal* diantaranya adalah;

1. Terbentuk serbuk secara langsung dari larutan, karena sudah dikaltanasi pada suhu tinggi (1100°C) selama 10 jam sehingga terjadinya serbuk dalam larutan secara langsung.
2. Ukuran partikel dan bentuknya dapat dikontrol dengan menggunakan material awal dan kondisi *hydrothermal* yang berbeda.
3. Kereaktifan bubuk yang dihasilkan tinggi, ini disebabkan oleh penggunaan suhu yang sangat tinggi.
4. Kondisi super-heated water, oksida logam yang tidak larut dalam air dapat menjadi larut. Atau bila temperatur dan tekanan tersebut belum mampu, maka dapat ditambahkan garam alkali atau logam yang anionnnya dapat membentuk kompleks dengan padatan sehingga padatan menjadi larut (Putri et al.,).

pengetahuan tentang cara membuat pelapis partikel TiO<sub>2</sub> pada kayu dari studi dikhususkan untuk pembuatan partikel titania monodispersi dari larutan berair TiO<sub>2</sub> yaitu Dengan menggunakan metode hidrotermal dan kondisi autoklaf yang

menunjukkan bahwa keasaman tinggi dan konsentrasi  $\text{Cl}^-$  tinggi bermanfaat bagi pembentukan fase rutil dari larutan  $\text{HCl TiO}_2$ . Termolisis  $\text{TiO}_2$  dalam larutan  $\text{HCl}$  digunakan untuk menghasilkan polimorf brookite dan rutil. Telah ditunjukkan bahwa rutil sebagian besar terbentuk dari larutan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{HCl}$  dengan konsentrasi tinggi, dalam kondisi yang lebih ringan tanpa kondisi autoklaf, brookite dan rutil muncul bersama-sama (Pori et al., 2016).

## BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas dan pelaksanaan prosedur pembuatan fotoreaktor, penentuan pH dan UV-vis dilakukan di Labaoratorium Dasar Universitas Pahlawan tuanku Tambusai, untuk uji XRD menggunakan alat PANalytical Empryean Cu Node dan SEM lat jenis JEOL-JED 2300 nalysis Station dilakukan di Laboratorium uji material pusat sains dan teknologi bahan maju Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dari juli 2018 sampai September 2020.

### 3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian: sodium dodecyl sulfat (SDS) menggunakan *Merck*, TiO<sub>2</sub> dari *sigma aldrich*, HCl merck, Bambu berasal dari daerah Kumantan Kampar Riau, aquades, air sungai Kampar (sampel) berasal dari Batubelah Kampar Riau.

### 3.3 Perlatan Penelitian

Peralatan yang dipakai dalam penelitian adalah Alat ukur dan pemotong Kayu terdiri dari jangka sorong, gergaji, ampelas, alat-alat gelas laboratorium dan desikator. Neraca analitis (KERN ABS 220-4 analytical balance) , Oven/tanur, XRD (PANalytical Empryean Cu Anode) , SEM ( JEOL-JED 2300 Analys Station). pHMeter (ATC), UV-vis Shimadzu.

### 3.4 Metodologi

#### a. Teknik sampling

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini adalah *purposive sampling*. Dimana sampel Bambu dan air sungai Kampar yang digunakan diambil dari daerah yang ditentukan sendiri oleh peneliti yaitu Kumantan dan Batubelah, pada pengambilan air sungai Kampar dilakukan pada kedalaman 20cm dibawah permukaan air pada pagi hari dengan menggunakan peralatan yang sesuai kebutuhan yang sudah dibersihkan dan dicuci ( SNI



6989.58.2008), untuk kebutuhan treatment dan pengulangan perlakuan, peneliti menganbil air sampel sungai Kampar sebanyak 1000ml.

#### **b. Treatment Bambu**

Disiapkan Bambu, kemudian dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 90 mm dan ketebalan 2 mm, dan dibersihkan, lalu Sampel kayu dicelupkan ke dalam larutan 0,5 mmol/l surfaktan anionik natrium dodesil sulfat (SDS) selama 2 jam pada suhu 80°C. Sampel dibilas dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 5 menit kemudian didinginkan sampai massa konstan, lalu dimasukkan ke dalam wadah yang mengandung larutan TiO<sub>2</sub> 0,5 mol/L dan HCl 0,5 mol/L hingga volume 500ml, yang dibuat dengan cara menambahkan TiO<sub>2</sub> dan larutan HCl tetes demi tetes ke dalam akuades dan diaduk perlahan. Rasio volume antara larutan TiO<sub>2</sub> dan larutan HCl yang ditambahkan adalah 1: 1, Sampel dicelupkan ke dalam larutan sampai 1 jam pada Suhu 75°C, dibilas dengan akuades, dikeringkan dalam Oven pada 100°C selama 5 menit dan kemudian didiamkan pada kondisi kamar pada suhu 28°C sampai massa konstan tercapai (Pori et al., 2016).

#### **c. Karakterisasi TiO<sub>2</sub> tercoating pada Permukaan Bambu**

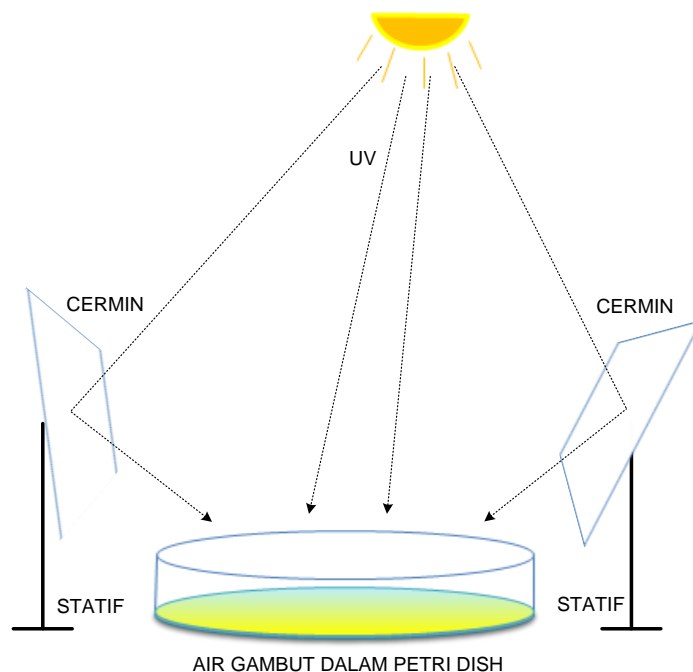
Karakterisasi dapat dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan sifat-sifat yang diteliti, antara lain:

1. XRD, Difraksi sinar X untuk menentukan ciri-ciri kristalin sampel TiO<sub>2</sub> yang sudah tercoating pada permukaan Bambu.
2. Scanning elektron mikroskopi SEM EDX untuk melihat morfologi dan distribusi partikel TiO<sub>2</sub> yang terbentuk pada permukaan Bambu.
3. *Surface area analyzer* (SAA) dengan menggunakan metode *Brunauer, Emmett, Teller* (BET) dan metode *Barret, Joyner, Halenda* (BJH) untuk menentukan luas permukaan dan distribusi pori sampel Bambu, dimana sampel dibuat berbentuk serbuk.

### 3.5 Desain Fotoreaktor

Setelah Bambu dicoating, dimasukkan dalam petridisc, dimana Bambu yang sudah di coating akan bertindak sebagai alas dari fotoreaktor, lalu diposisikan cermin pada keempat sisi petridisc sehingga dapat memantulkan cahaya matahari lebih optimal kearah fotoreaktor.

Sebanyak 50 ml air sampel (Sungai Kampar) dimasukkan ke dalam wadah petridish yang alasnya Bambu yang sudah dicoating. Merangkai cermin sedemikian rupa sehingga sudut pantul sinar mengarah ke air sungai Kampar (sampel), yang diharapkan akan lebih banyak menyerap radiasi UV. Lalu disinari dengan sinar matahari dengan variasi waktu 2, 4, 6, 8, dan 10 jam tepat pada jam 11.00-13.00 selama 5 hari dengan intensitas cahaya UV baik yang ditandai dengan indeks  $uv > 11$ .



Gambar 5. Desain Rangkaian Fotoreaktor dengan tambahan cermin

#### d. Analisis air Sungai Kampar

1. Menentukan pH air sungai Kampar setiap jam penyinaran  
pHmeter yang digunakan adalah smart sensor model AS218
2. Menentukan COD air sungai Kampar.

Menentukan nilai COD dilakukan dilaboratorium dengan persamaan

$$\text{COD} = \frac{(A - B) \times N \times FAS \times 1000 \times BeO_2 \times P}{V \text{ sampel}}$$

V sampel

3. Mengukur spectrum UV-Vis pada sampel air sungai Kampar.

Nama dan seri alat UV-vis adalah Instrument name UV-Vis Spectrophotometer uv – 1800. Instrument S/N A11454908091

## BAB IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

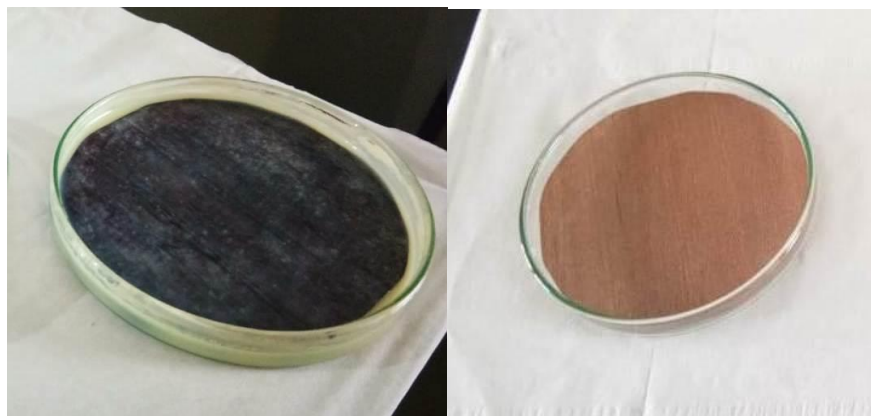
### 4.1 Hasil dan Pembahasan

#### 4.1.1 Treatment Bambu

TiO<sub>2</sub> dipilih disini untuk mengcoating kayu karena selain memiliki indeks bias tinggi bahan ( $n = 2.7$ ) pada semikonduktor celah pita lebar, sangat baik menghamburkan radiasi matahari dan menyerap sinar UV dan mengurangi kerusakan struktur kayu.(Pori et al., 2016).

Diantara berbagai metode, pemrosesan hidrotermal kayu dalam larutan berair TiO<sub>2</sub> pada suhu rendah (hingga 70 °C) dipilih karena larutan TiO<sub>2</sub> dapat dengan mudah menembus hidrofilik dan nanoporous struktur kayu, dimana ion titanium terhidrasi kompleks dapat berinteraksi dengan komponen kayu (lignin, hemiselulosa) dan mengisi struktur pori dan stomata kayu. Di sisi lain, kandungan oksigen yang tinggi dari kayu bertindak sebagai nanoreaktor yang efektif, memungkinkan sintesis dari nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan pembentukan partikel dibagian dalam permukaan lumens dalam tubuh kayu dan Sodium dodecylsulphate (SDS) digunakan sebagai agen hidrofobik diterapkan pada kayu sebelum kayu diperlakukan secara hidrotermal di larutan air TiO<sub>2</sub>.(Pori et al., 2016).

Fotoreaktor yang dibuat dari Bambu yang sudah dicoating dengan TiO<sub>2</sub> diletakkan dibawah sinar matahari langsung dan kemudian mengukur spectrum intensitas UV menggunakan *Ultraviolet UVI26C lux meter*, dimana data yang diperoleh dari alat menunjukkan angka 114.900 hingga 115.800 lux , kemudian ketika cahaya matahari yang mengandung UV dipantulkan menggunakan cermin pada titik fokus yang ditentukan,yaitu mengarah ke reaktor, intensitas UV lebih dapat diserap secara maksimal. Dengan demikian kemampuan reaktor dalam mendegradasi kandungan asam dalam air sungai Kampar meningkat. Kemudian secara keseluruhan reaktor dimungkinkan untuk dapat digunakan kembali untuk merekasikan atau mendegradasi air sungai Kampar yang masih baru.



(a)

(b)

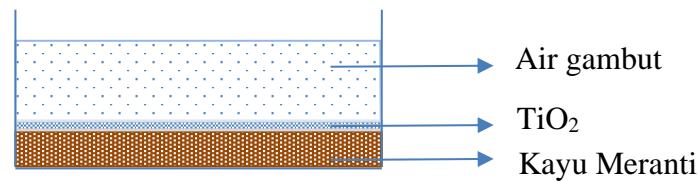
Gambar 6. (a) Bambu setelah dicoating dan masih basah. (b) Bambu yang sudah dicoating sudah kering.

Dari Gambar 6. terlihat Bambu yang sudah dicoating dengan cara *metode slip coating* membentuk partikel  $\text{TiO}_2$ , adanya lapisan tipis putih yang menempel pada permukaan kayu sampel yang menandakan adanya  $\text{TiO}_2$  yang sudah terbentuk yang nantinya akan dibuktikan dengan analisis XRD, SEM EDS. Analisa XRD (*PANalytical Empyrean Cu Anode*) dilakukan untuk menentukan atau karakterisasi struktur Kristal  $\text{TiO}_2$  yang telah terbentuk apakah adanya struktur rutil dan anatase. Data secara umum diperoleh pada posisi  $^{\circ}2\theta$  15,71 dan 15,75 memiliki ketinggian peak dari data adalah 759 dan 379, kemudian struktur anatase juga terlihat posisi  $^{\circ}2\theta$  22,285 dan 22,341 terlihat data peak 3689 dan 1845. Pada foto SEM jelas terlihat pada pembesaran  $1\mu\text{m}$ ,  $5\mu\text{m}$  dan  $10\mu\text{m}$  adanya partikel halus yang teradeposisi pada permukaan sampel Bambu. Kemudian dari grafik EDX terlihat massa dari Ti sebesar 39,22% dan massa Cl adalah 9,38%, massa dari Oksigen adalah 36,-6% dan massa C adalah 19,36%.

#### 4.1.2 Desain fotoreaktor

Fotoreaktor yang digunakan sangat sederhana dengan menggunakan wadah kaca yaitu petridisc. Sisi dasar fotoreaktor adalah Sampel kayu yang sudah dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  yang berasal dari reaksi Hidrotermal  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{HCl}$  yang sudah dibuat hidrofobik dengan menggunakan SDS (*sodium dodesil sulfat*). Sampel air sungai Kampar yang sudah disaring dengan menggunakan kertas saring dimasukkan kedalam fotoreaktor, kemudian diposisikan cermin untuk

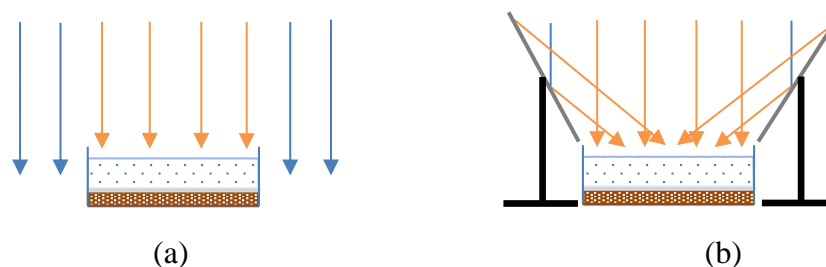
memantulkan sinar matahari yang mengandung UV, agar intensitas UV lebih maksimal dan terfokus pada sampel air sungai Kampar. Dengan demikian efisiensi fotoreaktor dapat jadi lebih baik, hal ini untuk menghindari sinar matahari yang tidak konstan selama 2 jam penyinaran, kisaran waktu jam 11.00 hingga 13.00 WIB.



Gambar 7. Reaktor batch dengan alas Bambu yang dicoating dengan  $\text{TiO}_2$

Dari Gambar 7. terlihat fotoreaktor yang didukung oleh Bambu pada bagian alas, dimana Bambu ini sudah dibuat hidropobik dengan menggunakan *sodium dodesyl sulfate* (SDS) dengan cara direndam didalam larutan SDS selama 2 jam pada suhu  $80^\circ\text{C}$ . kemudian baru dicoating dengan teknik *Hydrothermal Deposition* dari  $\text{TiO}_2$  sehingga terbentuklah  $\text{TiO}_2$  pada permukaan kayu yang memungkinkan akan bertindak sebagai semikonduktor pada proses penguraian polutan organik air sungai Kampar.

Air sungai Kampar pada penelitian ini diambil 1000ml didaerah Batubelah Riau, dimana sebelum dimasukkan sebagai sampel kedalam reaktor, air sungai Kampar terlebih dahulu disaring dengan kertas saring untuk memisahkan pengotor dan sampah yang masih ada didalam air sungai Kampar, pH awal air sungai Kampar terdeteksi sebesar 4,75.



Gambar 8. Mekanisme rangkaian fotoreaktor dengan tambahan cermin untuk memantulkan cahaya UV dari sekeliling fotoreaktor (a) fotoreaktor tanpa tambahan cermin dan (b) fotoreaktor dengan tambahan cermin.

Pada Gambar 8. (a) dapat dilihat bahwa sinar matahari menuju fotoreaktor, namun sinar disekeliling fotoreaktor belum bisa dimanfaatkan dengan baik, oleh sebab itu perlu ada suatu bagian tambahan pada sisi fotoreaktor untuk memantulkan (*reflection*) sinar disekeliling fotoreaktor sehingga bisa meningkatkan intensitas UV yang mengarah ke fotorektor. Intensitas sinar UV yang selama penelitian didapat sebesar 114.900 lux hingga 115.700 lux yang diukur dengan lux meter (*Auction digital lux meter LX1330B*). Setelah tambahan cermin, kemudian diukur intensitas cahaya UV dibawah pantulan cermin, didapatkan intensitas UV bertambah menjadi 116.800lux. Dengan demikian pantulan cahaya matahari yang mengandung UV dapat meningkatkan intensitas cahaya UV sebesar 1.900 lux yang mengarah air sungai Kampar yang ada didalam fotoreaktor.



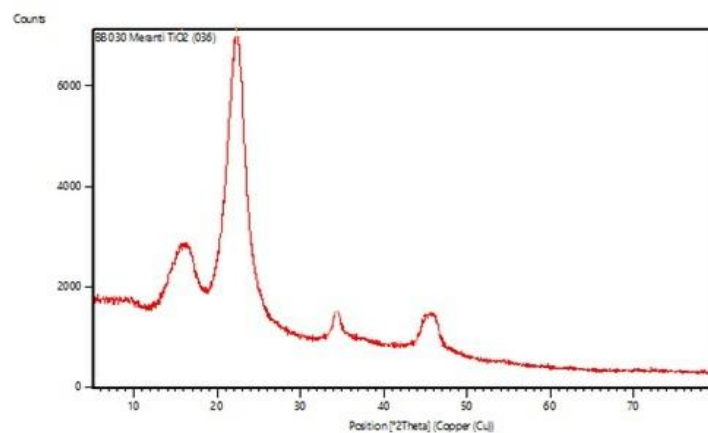
Gambar 9. Susunan rangkaian alat fotoreaktor batch dengan alas Bambu yang dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  dengan tambahan cermin

Pada Gambar 9. dapat dilihat rangkain alat dari fotoreaktor sederhana yang terdiri dari Bambu yang dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  yang menjadi alas dari petridisc. Cermin diposisikan disisi fotoreaktor dengan penyangga statif sehingga refleksi sinar matahari mengarah ke fotoreaktor. Air sungai Kampar dimasukkan kedalam fotoreaktor dan disinari dengan cahaya matahari dari jam 11.00 hingga jam 13.00 wib.

#### **4.1.2 Analisis XRD untuk melihat jenis struktur $\text{TiO}_2$**

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari katalis  $\text{TiO}_2$  dengan mengetahui posisi  $2\theta$  sampel dan dibandingkan dengan data standart. Hal ini sangat penting untuk diketahui mengingat bahan katalis utama yang dipakai bukan merupakan  $\text{TiO}_2$  murni, maka untuk mengetahui apakah bahan ini telah sempurna membentuk  $\text{TiO}_2$ (Lim et al., 2018) .

Sampel yang dianalisis adalah Bambu yang dicoating dengan katalis  $\text{TiO}_2$ , dengan ukuran sampel 25 x 25 x 2 mm. Kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan X-Ray Cu Anode, tegangan 40 kV, kuat arus 30 mA dan jangkauan difraksi ( $2\theta$ )=  $5^\circ$  - $78^\circ$ . Hasil pemancaran yang telah terdeteksi tersebut kemudian dikonversi oleh komputer menjadi grafik antara intensitas dan lebar celah dimana grafik tersebut identik untuk setiap struktur kristal yang terbentuk. Bentuk grafik yang terbentuk kemudian dicocokkan dengan pola grafik standar yang bentuknya mendekati dengan data yang diperoleh, kemudian akan didapatkan struktur kristal yang sesuai dengan data.



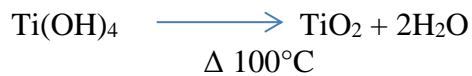
Gambar 10. Karakterisasi dengan XRD terhadap  $\text{TiO}_2$  yang telah terdeposisi pada permukaan sampel kayu

Dari Gambar 4.5 pola XRD diatas dapat diketahui bahwa pada posisi  $2\theta$  15,71 dan 15,75 memiliki ketinggian peak dari data adalah 759 dan 379, hal ini diindikasikan bahwa pada kisaran 36 dan 55 yang menunjukkan struktur Kristal  $\text{TiO}_2$  rutil (Thamaphat, Limsuwan, & Ngotawornchai, 2008). Sedangkan pada posisi  $2\theta$  22,285 dan 22,341 terlihat data peak 3689 dan 1845, hal ini membuktikan adanya terbentuk Kristal  $\text{TiO}_2$  dengan strktur Anatase (Theivasanthi & Alagar, n.d.). Puncak difraksi kuat pada  $22,341^\circ$  dan  $22,285^\circ$  menunjukkan  $\text{TiO}_2$  dalam fase anatase. Ada sedikit puncak pada  $2\theta$  48,01 yang mengindikasikan juga termasuk struktur anatase.

Dari Gambar 4.5 juga menunjukkan bahwa intensitas puncak pola difraksi  $\text{TiO}_2$  meningkat, hasil Ini menandakan bahwa bubuk nano- $\text{TiO}_2$  adalah tersusun dari polikristalin tidak beraturan (Thamaphat et al., 2008).



Jadi jelas adanya reaksi dari TiO<sub>2</sub> dan HCl dalam pembentukan TiO<sub>2</sub> yaitu:

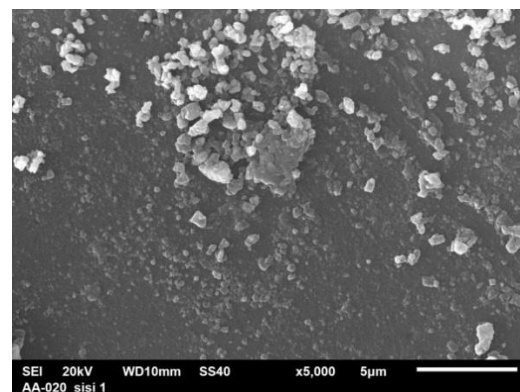
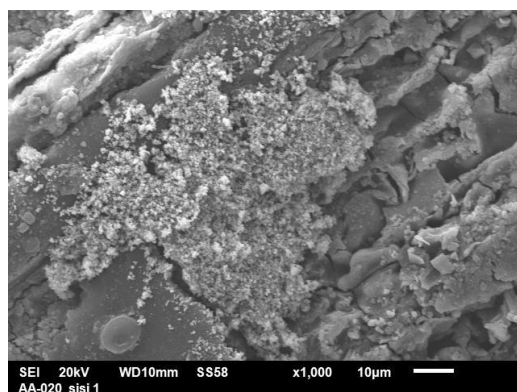


Struktur Kristal Anatase pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub> hanya menyerap panjang gelombang yang lebih kecil dari 386 nm, yang termasuk dalam kisaran UV. Spektrum sinar matahari hanya terdiri dari 5-7% sinar UV, 46% sinar tampak dan 47% radiasi infra merah. Untuk peningkatan ini, penelitian diarahkan untuk penggunaan cahaya tampak bukan hanya radiasi UV, dan imobilisasi yang tepat dari fotokatalis. Deposisi TiO<sub>2</sub> dengan tujuan meningkatkan fotoaktivitas dan fotoabsorbansi yang dapat diuraikan secara langsung, mengingat unsur kimia asing (kotoran) dapat mempengaruhi reaksi fotokatalis sehingga diperlukan ketelitian untuk mencegah rekombinasi e<sup>-</sup> dan pergeseran dari penyerapan cahaya (Magalh et al., 2017).

### 4.1.3 Analisis foto SEM untuk distribusi partikel dan ukuran pori TiO<sub>2</sub>

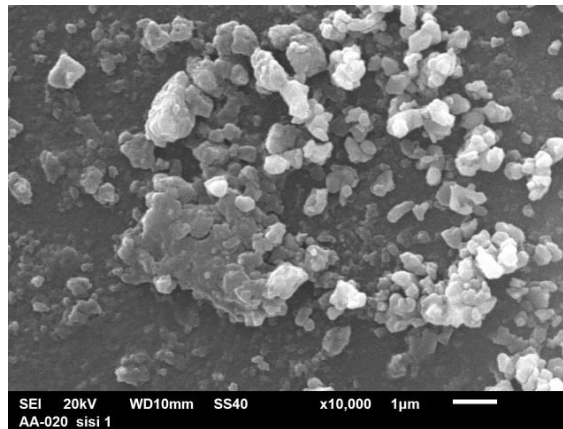
#### a. foto SEM Sebelum digunakan sebagai reaktor

Analisis permukaan kayu yang sudah di coating dengan TiO<sub>2</sub> terlihat adanya butiran partikel kecil yang merupakan bagian dari partikel TiO<sub>2</sub> yang sudah terdeposisi pada permukaan dan pori-pori kayu sampel yang sebelumnya sudah dilakukan perlakuan dengan SDS agar kayu tersebut menjadi Hidrofobik (Pori et al., 2016). Permukaan kayu yang sudah di coating Nampak seperti serat yang ditemplei oleh butiran partikel lain selain kayu, diantaranya terdiri dari carbon, clorin, dan Titanium.



(a)

(b)



(c)

Gambar 11. Foto SEM EDX partikel  $\text{TiO}_2$  yang terbentuk pada permukaan Bambu (a) pada 1000 kali pembesaran, (b) 5000 kali pembesaran dan (c) 10.000 kali pembesaran.

Dari Gambar 11. (a) (b) dan (c) juga dapat dilihat dengan variasi pembesaran dari  $10\mu\text{m}$ ,  $5\mu\text{m}$  dan  $1\mu\text{m}$ , terlihat bahwa sampel ini memiliki morfologi mikrostruktur yang khas. Dapat terlihat dengan jelas presipitasi fasa kedua di dalam dan batas butiran. Kedudukan fasa kedua ini lebih tinggi dari matriks, menunjukkan sifatnya yang lebih keras dibanding bahan dasarnya. selama proses coating mengalami tingkat erosi yang berbeda. Dari hasil EDS yang diambil dengan dead time 40% dan sudut akuisisi sekitar  $15^\circ$  serta jumlah pencacahan total 2500 counts, diketahui bahwa presipitasi tersebut adalah fasa Titanium (Ti) dan karbon(C) dengan kandungan masing-masing 39.22 dan 19.36 % berat, lihat Gambar 4.9. Jika memperhitungkan persen atom dan mengabaikan kehilangan sinyal akibat absorpsi dan efisiensi akuisisi detektor SiLi EDS. Dugaan ini divalidasi dengan hasil perhitungan program. Unsur Karbon C dipastikan berasal dari lemak akibat penanganan dan cracking molekul  $\text{CO}_2$  dan uap oli pompa vakum yang mungkin akibat adanya fine leakage masuk ke dalam kolom dalam jumlah yang sangat kecil. Meskipun jumlah kandungannya di dalam campuran mencapai 3.14 %, unsur Cl tidak terdeteksi dengan EDS. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh inhomogenitas yang terjadi selama proses pelelehan saat pembuatan nugget paduan

menunjukkan penampang lintang sampel paduan setelah oksidasi pada temperatur tinggi diambil dengan detektor BSE.

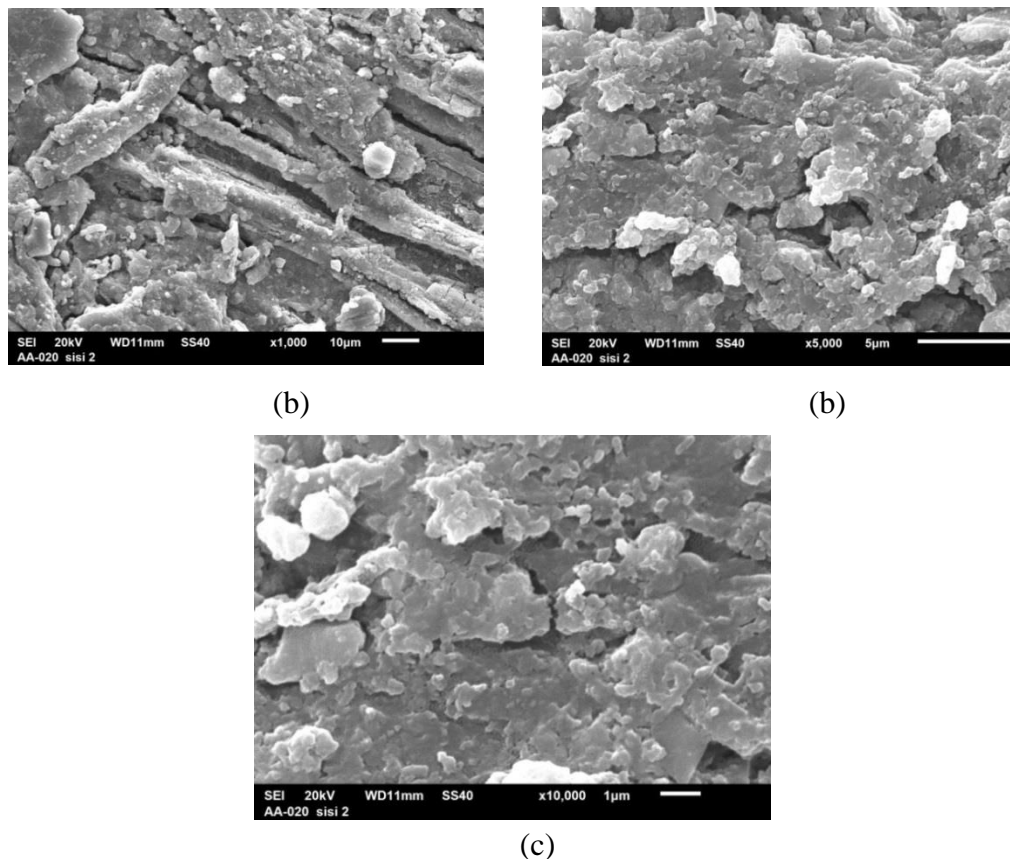
Seperti pembahasan diatas, pembentukan foto SEM terlihat perbedaan kontras yang jelas antara matriks dengan lapisan oksida di permukaan. Bagian atas untuk sementara diasumsikan sebagai lapisan oksida menunjukkan kesan warna gelap, sedangkan matriks di bawahnya berwarna terang. Analisis pembentukan sinyal BSE mengindikasikan bahwa bagian matriks memiliki densitas yang lebih besar atau adalah fasa dengan susunan atom yang lebih berat dari bagian lapisan atas.

Gambar 11. (a) menunjukkan morfologi serbuk  $\text{TiO}_2$  partikel nano yang dianalisis menggunakan SEM. Pada foto terlihat bahwa partikel  $\text{TiO}_2$  tersebar dalam bentuk bulat (*spherical*) dengan ukuran  $1\mu\text{m}$  dan cenderung teraglomerasi (berkumpul). Secara umum, proses pembentukan partikel nano terjadi melalui beberapa tahapan mekanisme. Proses sintesis partikel monodispersi terbagi menjadi dua tahap utama yaitu tahap nukleasi (pengintian) dan tahap pertumbuhan. Pada tahap pengintian terjadi pembentukan inti partikel yang kemudian menjadi tempat bergabungnya partikel-partikel lainnya dalam inti tersebut. Tahapan ini akan bergantung pada sistem reaksi dan parameter-parameter yang mengontrol reaksi tersebut. Dengan banyaknya inti  $\text{TiO}_2$  yang terbentuk, maka laju tumbukan (*collision*) dan penyatuan (*coalescence*) akan meningkat. Penyatuan (*coalescence*) merupakan reaksi penggabungan antar partikel (Tung & Huyen, 2016), sampai terbentuk partikel yang berbentuk bulat (*spherical*). Adanya aglomerasi dan peleburan (*coalescence*) juga diakibatkan adanya pengaruh interaksi antar partikel-partikel yang terbentuk. Analisis morfologi SEM pada gambar 4.6 dengan pembesaran 10.000 kali atau setara dengan  $1\mu\text{m}$  sangat jelas bentuk morfologinya bulat (*spherical*).

Memindai gambar mikroskop elektron (SEM) dari  $\text{TiO}_2$  yang murni pada permukaan film mengungkapkan jaringan berpori yang saling berhubungan. Namun, tidak ada perbedaan mencolok yang dicatat jika film-film tersebut dikenai karbon dan/atau  $\text{TiO}_2$  (Odling et al., 2018).

#### **b. Foto SEM kayu setelah digunakan sebagai reaktor**

Gambar 4.7 menunjukkan hasil karakterisasi menggunakan foto SEM dengan pembesaran 1000, 5000 dan 10.000 kali, permukaan kayu yang sudah dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  dan telah dijadikan reaktor, nampak sudah didominasi oleh serat kayu dan lapisan  $\text{TiO}_2$  juga sebagian sudah terlepas . Pada sampel yang dijadikan sebagai fotoreaktor, beberapa partikel  $\text{TiO}_2$  telah lepas dari permukaan kayu(Tung & Huyen, 2016).



Gambar 12. Foto SEM EDX yang menunjukkan sejumlah partikel  $\text{TiO}_2$  sudah terdegradasi dari permukaan Bambu (a) 1000 kali pembesaran, (b) 5000 kali pembesaran dan (c) 10.000 kali pembesaran

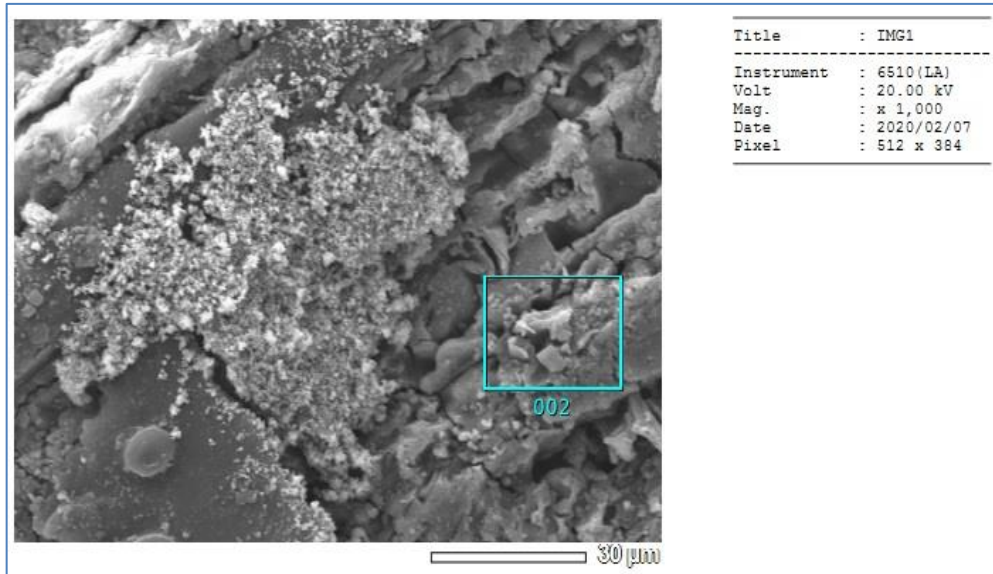
Pada gambar 12. (a) (b) dan (c) menunjukkan foto SEM menunjukkan permukaan sampel kayu sudah mengalami kerusakan atau degradasi sehingga diasumsikan sudah sedikit lapisan coating yang mengandung partikel  $\text{TiO}_2$  yang masih melekat dipermukaan sampel kayu. pada permukaan sampel masih ada gundukan (*Heaping*) yang terlihat jelas, namun sudah banyak yang terdegradasi akibat pengikisan oleh air sungai Kampar yang banyak mengandung asam.

perubahan morfologi permukaan diamati dengan jelas, yaitu, lubang film yang tidak homogen sangat berbeda. Kejadian ini juga dapat kenali dengan istilah *self cleaning* dimana Iradiasi lebih lanjut menggabungkan lubang, menghasilkan bercak yang akhirnya menghilang dengan kemajuan reaksi. Setelah tidak lagi terlihat, Pengamatan ini menunjukkan potensi pemanfaatan fotokatalisis bahan yang dilapisi TiO<sub>2</sub>, yaitu permukaan yang dilapisi TiO<sub>2</sub> dapat dijaga kebersihannya. pertama kali dilaporkan jenis bahan pembersih fotokatalitik ini dengan ubin keramik pada tahun 1992 (Hashimoto et al., 2006).

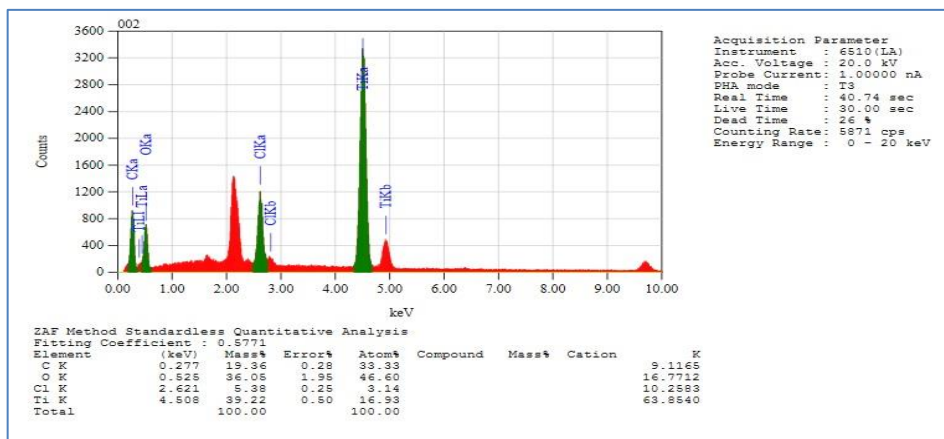
Untuk mendapatkan informasi tentang perubahan permukaan pada tingkat mikroskopis, maka digunakan SEM sebagai penganalisis Kristal TiO<sub>2</sub>. Sebelum penyinaran sinar UV, tidak ada perbedaan kontras yang diamati, yang menunjukkan keterbasahan homogen secara mikroskopis. Setelah iradiasi, daerah hidrofilik (terang) dan hidrofobik (gelap) dari 30-80nm dapat diamati dengan jelas, Sebuah pembalikan bertahap ke kontras yang lebih kecil diamati selama penyimpanan kristal dalam gelap. .

#### **4.1.4 Analisis EDS Analysis (*X-Ray Energy Dispersion Spectroscopy*)**

Analisis kuantitatif dan konsentrasi titanium pada penampang sampel pada gambar berikut dilakukan dengan *X-ray Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) menggunakan perangkat lunak INCA. Waktu akuisisi aktual untuk analisis kuantitatif EDS adalah sekitar 100 detik, sedangkan untuk analisis garis adalah antara 400 dan 600 detik. Analisis kuantitatif EDS dilakukan dengan mempertimbangkan semua elemen analisis (Kumar, Srivastava, dan Bansal 2013). Analisis Titanium melalui EDS dilakukan dari potongan balok kayu yang memiliki permukaan rata dengan ukuran (25mm × 25mm × 2mm) beberapa milimeter dari permukaan asli yang berasal dari larutan TiO<sub>2</sub>.



Gambar 13. Foto SEM partikel  $\text{TiO}_2$  yang telah terdeposisi pada permukaan sampel Bambu.



Gambar 14. Grafik dan data EDS sampel Bambu yang diCoating  $\text{TiO}_2$  setelah digunakan sebagai reaktor

Proses dari Line analysis EDS ditunjukkan Pada gambar 13. menunjukkan pengambilan data pada perbesaran 3000 kali atau setara  $30\mu\text{m}$ , line analysis diambil pada titik ini ditujukan untuk mendeteksi butiran – butiran yang terdifusi ke area substrat dari Titanium, hasilnya menunjukkan kandungan titanium yang lebih kecil yaitu sebesar 16,93 % atom, kandungan dari Ti yang kecil dipengaruhi oleh unsur C yaitu sebesar 33,33 % atom dan unsur lain seperti Cl = 3,14 % atom, dan O = 46,60 % atom. Jumlah persen massa Ti yang diperoleh lebih banyak yaitu 39,22 % massa, kemudian diikuti dengan Oksigen sebesar 36,05 % massa, kemudian unsur karbon diperoleh 19,36 % massa, namun untuk % massa dari Cl hanya tinggal 5,38

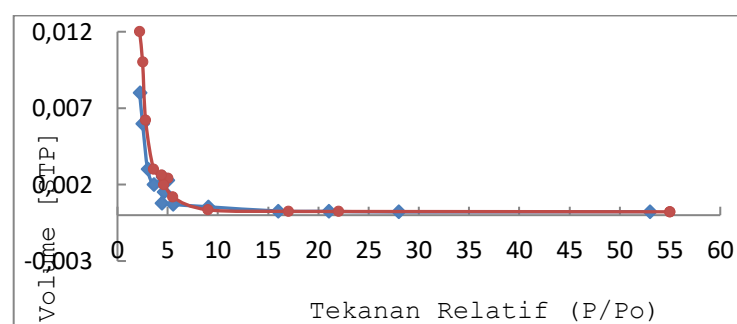
% massa. Kehadiran Cl jelas dikonfirmasi oleh pemetaan spektroskopi sinar-X (EDS) dispersi energi, menunjukkan Cl yang ada di seluruh film. Tidak ada area khusus dengan konsentrasi Cl tinggi yang dicatat, yang menunjukkan bahwa klorin ditemukan dalam struktur yang secara merata di seluruh bagian, dan tidak terbatas pada area tertentu (Odling et al., 2018).

Kesimpulannya, analisis SEM dan EDS tidak memberikan bukti bahwa partikel  $\text{TiO}_2$  juga masuk ke dalam sel kayu, perendaman kayu dengan titania menunjukkan sonifikasi kayu dalam larutan titanium alkoksida tidak tercapai. Namun, terlepas dari kondisi pemrosesan hidrotermal yang cukup ringan, peneliti sangat mengharapkan bahwa partikel  $\text{TiO}_2$  tergabung dalam dinding sel karena proses kondensasi Larutan  $\text{TiO}_2$  umumnya jauh lebih lambat daripada reaksi kondensasi titanium alkoxydes.

#### 4.1.5 Analisis pori Bambu

##### a. Analisis dengan metode *Brunauer, Emmett, Teller* (BET)

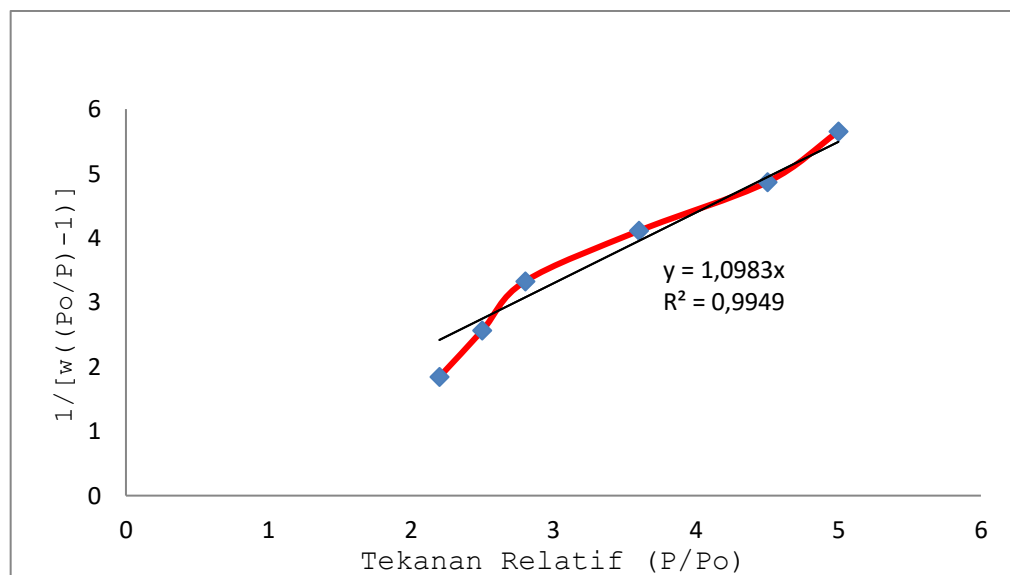
Ukuran pori karbon diuji dengan Brunner Emmett Teller (BET) melalui isotherm adsorpsi desorpsi menggunakan gas nitrogen. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran pori serta luas permukaannya. Berdasarkan Gambar 15. terlihat dari siklus adsorpsi menghasilkan data tekanan sebagai fungsi jumlah nitrogen yang di masukkan dan diserap sampel. Berikut merupakan grafik BET pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik adsorpsi/desorpsi karbon dari uji pori Bambu dengan metode BET.

Grafik adsorpsi/desorpsi karbon yang merupakan hubungan antara tekanan relatif pada suhu 77,350K dengan volume gas adsorbat berupa nitrogen. Pada grafik

Gambar 4.10 terlihat volume gas yang di adsorpsi akan terukur dengan hasil penurunan tekanan gas dari serapan bagian volume gas yang diketahui. Selanjutnya dari besaran volume gas dikonversi menjadi besaran luasan. Berdasarkan *The Brunauer-Deming-Deming-Teller* (BDDT) bentuk grafik tersebut termasuk dalam tipe I, ditandai dengan adanya peningkatan volume adsorbat secara terus-menerus sampai tekanan relatif melebihi nilai yang ditentukan. Keadaan ini dialami oleh material mesopori dengan luas permukaan yang relatif besar, dimana data yang diperoleh untuk kayu sampel meranti mempunyai luas permukaan (*surface area*) sebesar  $410.7 \text{ m}^2/\text{g}$ .



Gambar 16. Grafik multi point tekanan relative vs  $1/[w((Po/P)-1)]$  dari hasil uji BET untuk penentuan slope dan harga dari surface area sampel kayu meranti

Pada Gambar 16. terlihat grafik hubungan antara tekanan relative dengan  $1/[w((Po/P)-1)]$  yang menunjukkan kecenderungan naik, sehingga persamaan yang dihasilkan adalah  $y=10983x$  dan sloope yang didapat adalah 1,0983 dan nilai  $R^2$  adalah 0,953. hal ini menunjukkan hubungan cenderung garis lurus antara penambahan tekanan relatif dengan daya serap sampel. Kalkulasi yang dilakukan secara otomatis oleh system alat, didapatkan surface area sebesar  $410.7 \text{ m}^2/\text{g}$ , yang mana data lengkap terlampir pada Impiran 1.

#### **b. Analisis dengan metode Barret, Joyner, Halenda (BJH)**



Penentuan distribusi ukuran pori (*pore size distribution*) pada material berpori untuk mikropori dan mesopori biasanya dilakukan dengan metode adsorpsi pada tekanan rendah dan medium, sedangkan adsorpsi pada makropori hanya signifikan pada tekanan yang sangat tinggi. Adsorpsi nitrogen pada normal boiling point 77K menjadi standar dalam pendekatan ini. Mesopori pada umumnya ditentukan dengan metode adsorpsi fisik. Diameter mesopori biasanya dihitung berdasarkan persamaan Kelvin yang menggunakan asumsi adsorpsi nitrogen 77K pada pori berbentuk silinder. Metode lain untuk menghitung distribusi mesopori kebanyakan didasarkan pada persamaan Kelvin yang menggunakan prinsip kondensasi kapiler dengan beberapa modifikasi seperti metode BJH. Sementara untuk menentukan ukuran mikropori terdapat beberapa metode seperti DR methods dan HK methods. Perbedaan menghitung pore size distribution untuk mikropori dan mesopori disebabkan adanya mekanisme adsorpsi yang berbeda, dimana pada mesopori terjadi surface layering adsorption sedangkan pada mikropori terjadi filling micropore adsorption. Hasil analisis ukuran pori sampel Bambu tanpa modifikasi dan termodifikasi ditunjukkan pada gambar 4.10

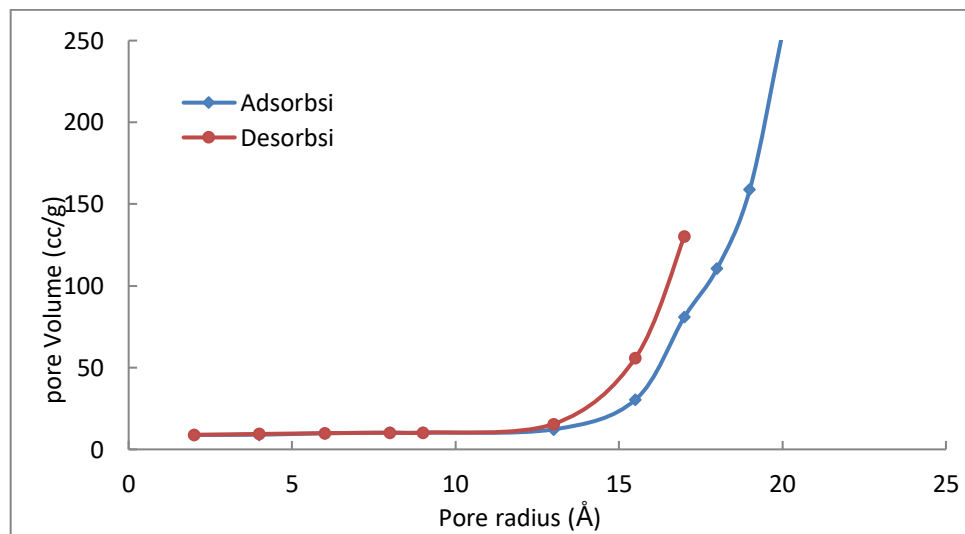
Selanjutnya untuk mengetahui ukuran pori karbon yaitu dengan melihat distribusi pori yang paling besar pada adsorpsi dan desorpsi ditunjukkan oleh gambar 4.12. Dengan menggunakan Metode *Barret Joyner Halenda* (BJH) dimana metode ini berfungsi untuk menentukan distribusi pori. Distribusi ukuran pori secara matematis ditulis sebagai atau  $dA_{pdrp}$  sebagai fungsi  $r_p$ , dengan  $V_p$  = volume pori ( $m^3$ ),  $r_p$  = jari-jari pori ( $\text{\AA}$ ),  $A_p$  = luas permukaan atau dinding pori ( $m^2/g$ ).

Table 3. Data ukuran pori dari metode BJH

|             |             | volume pori |          |
|-------------|-------------|-------------|----------|
| radius pori | radius pori | adsorpsi    | desorpsi |
| 2           | 2           | 8.885       | 8.885    |
| 4           | 4           | 8.955       | 9.455    |

|      |      |         |         |
|------|------|---------|---------|
| 6    | 6    | 9.886   | 9.886   |
| 8    | 8    | 10.228  | 10.228  |
| 9    | 9    | 10.232  | 10.232  |
| 13   | 13   | 12.234  | 15.554  |
| 15.5 | 15.5 | 30.354  | 55.886  |
| 17   | 17   | 80.985  | 130.344 |
| -    | 18   | 110.555 | -       |
| -    | 19   | 158.887 | -       |
| -    | 20   | 254.556 | -       |

Dari tabel 4.1 terlihat hubungan lurus antara radius pori kayu dengan volume pori, pada radius pori 20 Å terhitung volume adsorbsinya sebesar 254,556m<sup>2</sup>/g. Namun pada desorbsi radius pori terdata hanya pada 17Å dengan tingkatakah desorbsi sebesar 130,344 m<sup>2</sup>/g. data diatas dapat dibutkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada gambar 17. dibawah ini.



Gambar 17. Grafik hubungan diameter pori terhadap volume pori sampel Bambu dengan metode BJH dalam penentuan ukuran dan distribusi pori kayu.

#### 4.1.6 Analisis air Sungai Kampar

Pengukuran spektrum penyerapan air sungai Kampar bertujuan untuk menentukan ketahanan lapisan TiO<sub>2</sub> dengan penyinaran terus menerus setiap 2 jam dengan penggunaan pengulangan sebanyak 5x. Penyinaran dilakukan pada rentang

pukul 11.00-13.00 untuk 5 hari. Pengukuran pH air sungai Kampar sebelum Penjernihan diperoleh 4,75. Hasil ini menunjukkan bahwa air mengandung beberapa senyawa organik seperti asam humat, dan humin(Hevi. Sutrisno, Muhdarina, 2014)

Table 4. Data air sungai Kampar sebelum dan sesudah treatment

| No | Parameter | Satuan | Air sungai Kampar |              |               | Kualitas air PP no.82 2001 |          |
|----|-----------|--------|-------------------|--------------|---------------|----------------------------|----------|
|    |           |        | Sebelum treatment | Tanpa cermin | Dengan cermin | Standart air               | Golongan |
| 1  | pH        | -      | 4,75              | 6,17         | 6,72          | 6 /sd 9                    | I        |
| 2  | COD       | mg/L   | 95,8              | 47,2         | 24,4          | 25                         | II       |
| 3  | BOD       | mg/L   | 80,8              | 19           | 11,5          | 12                         | IV       |
| 4  | Besi (Fe) | mg/L   | 4,55              | 2,88         | 2,58          | < 5                        | II       |
| 5  | warna     | TCU    | 150,98            | 88,50        | 77,45         | 50                         | I        |

Setelah penyinaran dengan sinar matahari dengan katalis lapisan  $\text{TiO}_2$  menunjukkan peningkatan pH. Kemudian Penyinaran untuk pengukuran pH dilakukan hingga 10 jam. Suhu air sungai Kampar ditetapkan pada awal pengukran yaitu  $26^\circ\text{C}$  dan setelah 2 jam penyinaran suhu berubah menjadi  $37^\circ\text{C}$ . hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu dimana salah satu aspek unik dari  $\text{TiO}_2$  yang ada sebenarnya dua fenomena yang disebabkan oleh foton yang berbeda: yang pertama adalah fenomena fotokatalitik asli yang terkenal, yang mengarah pada pemecahan organik, dan yang kedua, yang baru-baru ini ditemukan melibatkan keterbasahan yang tinggi. Fenomena terakhir ini kita sebut sebagai 'superhydrophilicity'. Meskipun proses-proses tersebut secara intrinsik berbeda, mereka dapat, dan pada kenyataannya harus, berlangsung secara simultan pada permukaan  $\text{TiO}_2$  yang sama. Tergantung pada komposisi dan prosesnya, permukaan dapat memiliki lebih banyak karakter fotokatalitik dan lebih sedikit karakter superhidrofilik, atau sebaliknya. Kemudian ditentukan juga kadar COD dan BOD serta kadungan besi (Fe) dan warna air sungai Kampar dalam satuan TCU.

#### 4.1.6.1 Analisis spectrum UV-Vis

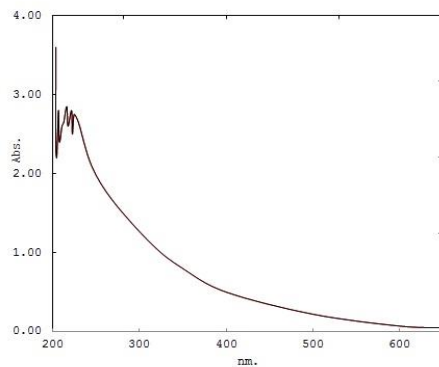
Spektroskopi UV-Vis didasarkan pada teori dasar yang kuat, metode analisis yang lebih selektif, efisien, cepat dan dapat direproduksi dapat dikembangkan. Secara umum, ada dua teknik pengukuran utama; berapa banyak analit dalam sampel (analisis kuantitatif) dan analit mana yang ada dalam sampel (analisis kualitatif)(Verma & Mishra, 2018). Suatu daerah di bawah metode kurva adalah “daerah di bawah dua titik pada spektrum campuran berbanding lurus dengan konsentrasi senyawa yang diinginkan” terutama cocok untuk senyawa di mana tidak ada puncak tajam atau spektrum luas yang diperoleh. Analisis dengan Spektroskopi Terlihat UV terdiri dari prosedur yang diperlukan untuk menentukan "identitas, kekuatan, kualitas dan kemurnian" senyawa(Roberts, 2018).

Analisis UV-Vis terhadap Kandungan senyawa organik pada air sungai Kampar didominasi oleh asam humat. Formula dari Molekul asam humat dapat dijelaskan dengan spektroskopi UV-Vis secara luas secara sederhana dan dengan metode informatif. Spektrum UV-Vis asam humat secara luar terlihat monoton, menurun dengan meningkatkan panjang gelombang(Niu, Yang, Tong, & Zhong, 2019). Absorbansi spektrum wilayah UV dapat digunakan untuk menganalisis asam humat. Absorpsi UV pada 280 nm menunjukkan aromatisitas keseluruhan, karena transisi elektron terjadi di daerah UV ini (250-280 nm) seperti fenolik, asam benzoat, dan hidrokarbon polisiklik aromatik dan juga absorben pada 280 nm dapat digunakan untuk mencirikan kelembaban sungai Kampar (Fitria, Desmaiani, Khalid, & Syahrul, 2020). Untuk mengetahui reduksi asam humat yang terkandung dalam air sungai Kampar, dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi pada 280 nm sebelum dan sesudah penyinaran. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui berkurangnya kandungan asam humat yang terdapat pada air sungai Kampar. Semakin rendah serapan air sungai Kampar semakin berkurang kandungan asam humatnya. Air sungai Kampar disaring dan filtratnya dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis pada  $\lambda$  range 220-400 nm (Matlal Fajri Alif , Wandha Aprillia, 2018).

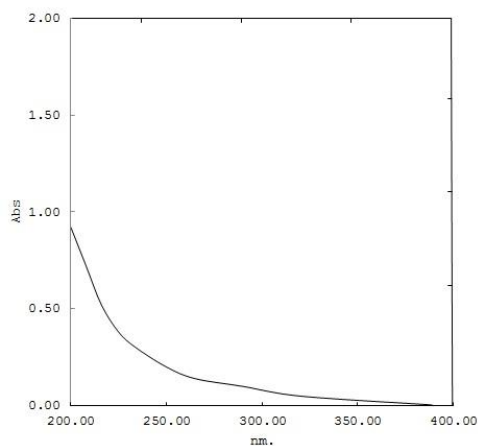
Luas permukaan yang besar diendapkan dengan nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang sangat fotoaktif, disini kita dapat dilihat bahwa larutan air sungai Kampar mudah dimurnikan menggunakan alas fotokatalitik hanya di bawah sinar matahari. Cara pengolahannya sangat sederhana, yaitu air sungai Kampar dituangkan ke atas

wadah yang luas dan terbuka. Polutan organik benar-benar terurai di bawah sinar matahari dalam beberapa hari. Mengejutkan bahwa nilai karbon organik total *total organic carbon* (TOC) awal beberapa ratus ppm menurun menjadi hampir mendekati nol dalam satu minggu. Ini bisa menjadi salah satu teknologi lingkungan yang paling sederhana dan termudah (Hashimoto et al., 2006).

Grafik spektrum UV-vis terhadap air sungai Kampar dapat dilihat pada gambar 18. Grafik tersebut menunjukkan pada panjang gelombang 204 nm hingga 216.5 nm, terdapat variasi serapan spectrum uv-vis. kemudian terus cenderung turun pada peningkatan panjang gelombang sampai lebih 400nm yang mengindikasikan bahwa polutan organik terdegradasi oleh UV dari matahari dengan bantuan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .



(a)



(b)

Gambar 18. Spektrum UV-vis Air Sungai Kampar (a) sebelum dikatalisis dengan  $\text{TiO}_2$  (b) setelah dikatalisis dengan  $\text{TiO}_2$

Spectrum UV-vis Pada reaktor yang dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  diperoleh penurunan absorbansi air sungai Kampar dari 3,6 menjadi 0,92 yang artinya penurunan kekeruhan 74,44%, hal ini menandakan lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  dapat mendegradasi polutan yang terdapat didalam air sungai Kampar dengan adanya penurunan absorbansi air sungai Kampar.

#### **4.1.6.2 Pengukuran pH, COD dan BOD Air Sungai Kampar**

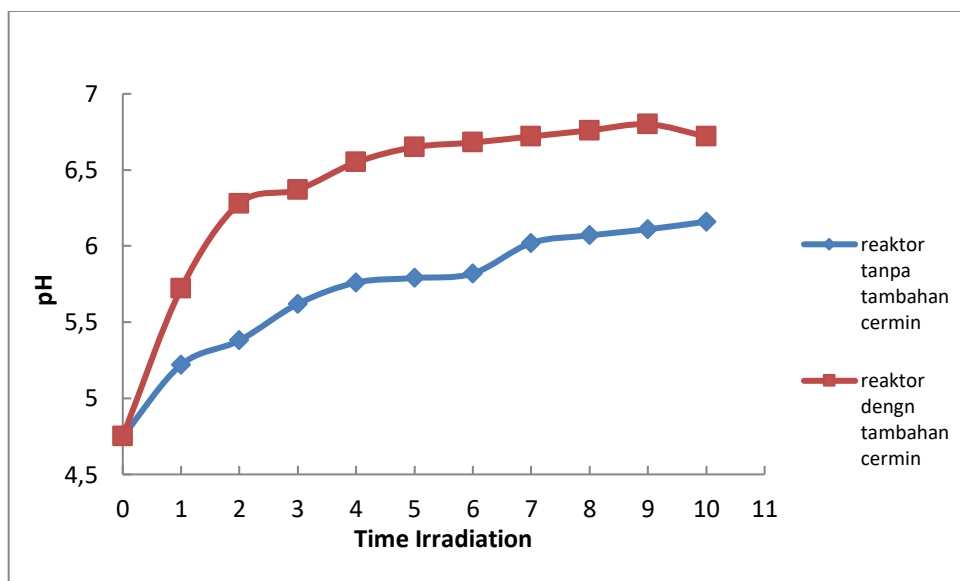
Nilai pH air Sungai Kampar kurang dari tujuh yaitu 4,75 dan kadar COD yang tinggi yaitu 95,8mg/L. Warna air sungai Kampar yang cokelat hingga hitam di akibatkan dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon, atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi. pH air sungai Kampar yang rendah menyebabkan air terasa asam yang dapat menimbulkan kerusakan gigi dan sakit perut, pH air sungai Kampar yang rendah disebabkan oleh asam fulvat, humin dan asam humat.

Pengukuran pH dilakukan setiap jam penyinaran yang dimulai pada awal penyinaran hingga penyinaran ke sepuluh. Perubahan pH sampel dapat dilihat kurva tabel 4.1 dan grafiknya Gambar 4.12. dari gambar tersebut terlihat grafik yang menunjukkan kenaikan pH air sungai Kampar dari 4.75 menjadi 6.17 dengan nilai deviasi standart 0,438 yang dihitung dari akar dari sigma dari kuadrat nilai rata dn dibagi dengan jumlah data. untuk reaktor yang digunakan tanpa tambahan cermin, sedangkan reaktor yang sudah ditambah i dengan cermin terlihat pH awal 4.75 naik mencapai 6.72, standart deviasi yang diperoleh dari perhitungan otomatis adalah 0,618 dengan pH tersebut sudah mencapai standart air kelas 1 menurut peraturan pemerintah Indonesia ( PP no 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air).

Peningkatan pH pada 2 jam pertama pada reaktor dengan tambahan cermin menunjukkan kecepatan yang sangat besar, dikarenakan sangat banyak polutan organik yang terurai oleh intensitas UV yang lebih besar, namun pada jam ketiga dan seterusnya sudah memiliki kecepatan yang lebih rendah namun tetap lebih baik dari reaktor yang tidak ditambah dengan cermin.

Tabel 4.2 Data pH air sungai Kampar selama 10 jam penyinaran pada reaktor tanpa cermin dan yang ditambah dengan cermin

| Time (h) | tanpa cermin | cermin |
|----------|--------------|--------|
| 0        | 4.75         | 4.75   |
| 1        | 5.234        | 5.716  |
| 2        | 5.378        | 6.278  |
| 3        | 5.606        | 6.37   |
| 4        | 5.76         | 6.518  |
| 5        | 5.794        | 6.658  |
| 6        | 5.812        | 6.68   |
| 7        | 6.028        | 6.72   |
| 8        | 6.068        | 6.742  |
| 9        | 6.148        | 6.8    |
| 10       | 6.17         | 6.722  |
| deviasi  | 0.438        | 0.619  |

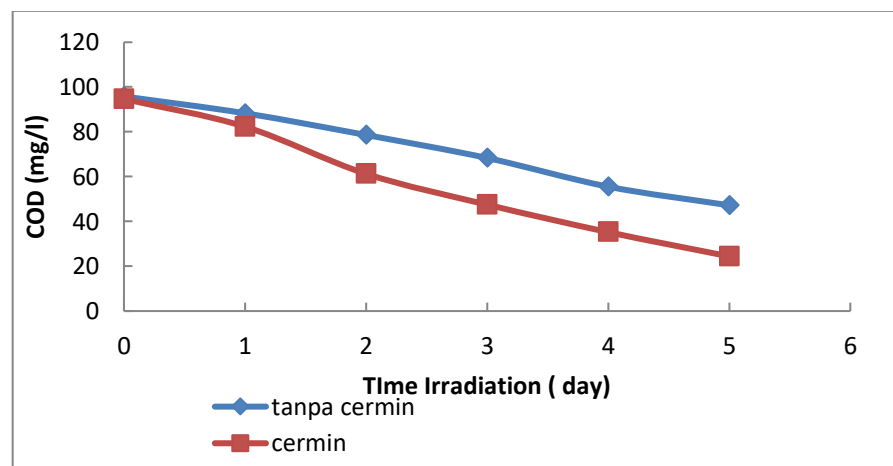


Gambar.19. Grafik Hubungan Waktu dengan pH air Sungai Kampar

Dari kurva pada Gambar 19. tampak bahwa kenaikan pH selama penyinaran air sungai Kampar dengan pemanfaatan sinar matahari. Setelah 10 jam terpapar peningkatan pH menjadi 6,17 dan 6,72. Hal ini karena semakin lama air sungai Kampar dipenyinaran dengan sinar matahari, akan ada reaksi oksidasi yang dipicu oleh adanya lapisan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam reaksi mengakibatkan penurunan

kandungan polutan organik seperti asam humat dan dapat meningkatkan kualitas air (Said, Achnopa, Zahar, & Wibowo, 2019) (Ningrum, 2008). Dimana, semakin banyak radikal OH yang terbentuk sehingga terjadi reduksi asam humat meningkatkan pH (Fitria et al., 2020).

Berdasarkan hasil penelitian, kadar COD yang tinggi dapat disebabkan oleh limbah bahan-bahan kimia yang digunakan pada aktivitas manusia lainnya, berbagai upaya telah dilakukan untuk menurunkan kadar parameter air sungai Kampar dengan berbagai inovasi seperti filtrasi, pengendapan, dekantasi dan penggunaan semikonduktor  $\text{TiO}_2$ . Hasil pengujian nilai COD menunjukkan bahwa reaktor fotokatalis dapat menurunkan kandungan dari COD pengukuran dilakukan setiap dua jam sekali atau setiap hari setelah penyinaran (Zulfikar, 2012).



Gambar 20. Grafik Hubungan Waktu penyinaran dengan COD air Sungai Kampar

Nilai COD yang didapat pada reaktor tanpa tambahan desian cermin adalah 95,8 mg/L turun menjadi menjadi 47,2 mg/L dengan standart deviasi 18,8 , dan reaktor yang sudah dimodifikasi dengan desain cermin harga COD 94,7 mg/L turun menjadi 24,4 mg/L. Golongan air dengan kandungan COD dibawah 25mg/L dengan standrat deviasi 27,22 yang merupakan golongan air kelas 2 pada PP no 82 tahun 2001.

Kadar COD pada air sungai Kampar yang belum didegradasi memiliki kadar COD yang tinggi dan melebihi angka baku mutu yang diperbolehkan atau bisa disebut sungai Kampar ini telah tercemar. Air Sungai Kampar ini dapat disebut Sungai Kampar tercemar dikarenakan Sungai Kampar ini sudah terkontaminsi dan



tidak sesuai dengan syarat baku mutu. Sesuai dengan (Andara et al., 2014), Air Sungai Kampar dikatakan tercemar apabila air tersebut tidak sesuai lagi dengan peruntukannya dan tidak dapat lagi mendukung kehidupan biota yang ada didalamnya. Terjadinya suatu pencemaran di Sungai Kampar umumnya disebabkan oleh masuknya limbah ke badan Sungai Kampar. Daerah hulu ini merupakan daerah kontrol yang tidak memiliki tempat penggilingan emas atau industri non pangan lainnya tetapi daerah Sungai Kampar bagian hulu ini memiliki kadar COD yang melebihi ambang batas, hal ini selain disebabkan factor alami, juga disebabkan karena adanya sumber cemaran yang berasal dari rumah tangga atau limbah domestik yang menyebabkan kadar COD tinggi. Hal ini sesuai dengan (Lumaela et al., 2013), yang mengatakan bahwa limbah rumah tangga dan industri merupakan sumber utama limbah organik dan merupakan penyebab utama tingginya konsentrasi COD. Tingginya kadar COD diduga terjadinya reaksi-reaksi kimia dalam limbah karena akumulasi komponen bahan kimia yang sangat beragam dalam air Sungai Kampar.

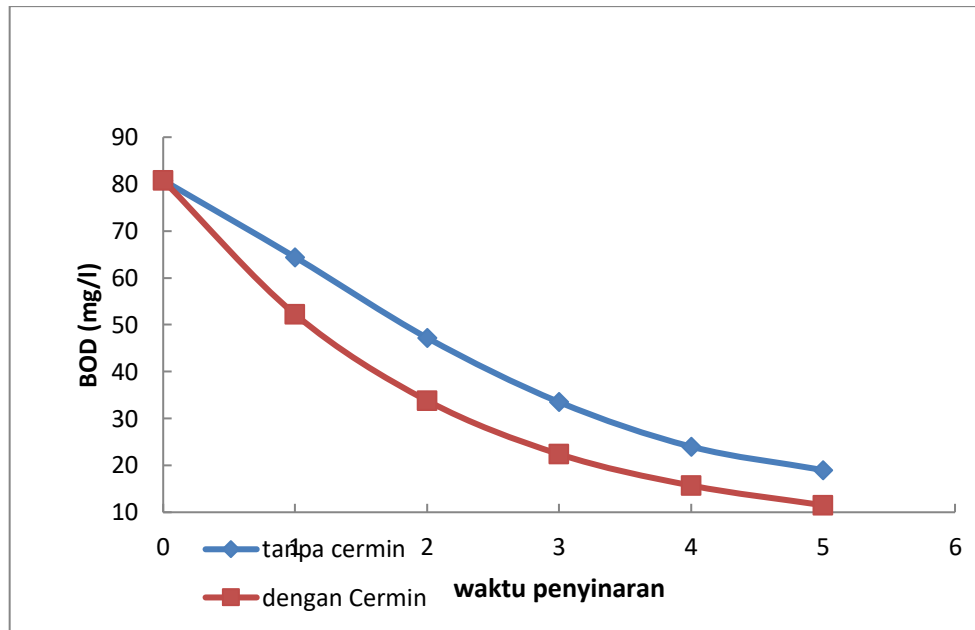
Kemudian kandungan BOD dari air sungai Kampar juga diukur untuk mengetahui seberapa besar kandungan oksigen yang ada didalam air sungai Kampar yang memungkinkan mikroorganisme dan komponen biologis lainnya dapat bertahan hidup. Pengukuran BOD berdasarkan prosedur bioassay (uji hayati), yang menyangkut pengukuran oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (terutama bakteri) dalam menguraikan zat organik. Karena kelarutan oksigen di dalam air terbatas kira-kira 9 mg/l pada suhu 20°C , maka air yang mengandung zat organik tinggi harus diencerkan agar pada akhir percobaan masih tersisa oksigen yang dapat diukur. Percobaan BOD harus bebas dari zat-zat yang bersifat toksik terhadap mikroorganisme, seperti klor, pestisida . tetapi harus mengandung elemen esensial (Fe, Mg, dsb) yang diperlukan oleh bakteri dan pertumbuhan mikroorganisme lainnya. Penguraian zat organik secara biologis terjadi di alam oleh berbagai jenis mikroorganisme . Oleh sebab itu dalam percobaan BOD harus mengandung bakteri yang cukup untuk terjadi reaksi penguraian zat organik secara sempurna. Untuk air yang miskin dengan mikroorganisme ditambahkan mikroorganisme dari luar (seeding). Reaksi penguraian zat organik dalam percobaan dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi pada percobaan BOD adalah hasil aktifitas mikroorganisme, kecepatan reaksi penguraian sangat dipengaruhi oleh konsentrasi zat organik. Sebenarnya reaksi penguraian zat organik oleh mikroorganisme tidak sesederhana yang tertulis di atas, karena penguraian zat organik membentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O memerlukan banyak sekali reaksi kimia yang terjadi di dalam sel mikroorganisme yang dikatalisis oleh berbagai enzim. Reaksi di atas hanya menuliskan produk akhir dari serangkaian reaksi kimia yang terjadi di dalam sel mikroorganisme (bakteri). Temperatur percobaan BOD sangat mempengaruhi kecepatan penguraian zat organik. Untuk percobaan BOD ditentukan temperatur inkubasi adalah 20°C, merupakan temperatur rata-rata badan air. Secara teoritis, waktu yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik secara sempurna dalam percobaan BOD adalah kira-kira 20 hari (BOD *ultimate*). Tetapi karena waktu tersebut terlalu lama, maka dipilih waktu yang diperkirakan sebagian besar zat organik telah terurai. Berdasarkan hasil percobaan ternyata dalam waktu 5 hari percobaan BOD kira-kira 70 – 80 % zat organik telah terurai (7–89% dari BOD *ultimate*). Besarnya persen penguraian tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis zat organik dan jenis mikroorganisme yang terdapat pada percobaan BOD. Selain itu, alasan dipilih waktu 5 hari adalah untuk mengurangi gangguan dari oksidasi senyawa nitrogen oleh mikroorganisme (reaksi nitrifikasi). Oksidasi senyawa organik nitrogen oleh mikroorganisme (proses nitrifikasi) dapat mengganggu penentuan BOD carbon. Jika di dalam seed mengandung mikroorganisme yang dapat mengoksidasi senyawa nitrogen organik (protein atau asam amino) membentuk senyawa amoniak, yang selanjutnya senyawa ammonium tersebut dioksidasi membentuk senyawa nitrit dan nitrat. maka akan mengganggu hasil pengukuran BOD 5 hari. Untuk itu dalam percobaan BOD yang banyak mengandung nitrogen organik ditambahkan zat inhibitor nitrifikasi.

Dari data peraturan PP nomor 82 tahun 2001 tentang kualitas air, pemerintah sudah menetapkan bahwa air kelas IV harus memiliki kandungan BOD maksimal 12 mg/l, kemudian kelas III sebesar 6 mg/L selanjutnya kelas II kandungan BOD maksimal 3 mg/l baru pada kualitas air kelas I harus mengandung BOD dengan jumlah maksimal sebesar 2mg/l. hal ini menunjukkan bahwa air sungai

Kampar dapat diturunkan kadar BOD hingga ke kelas IV dari yang BOD awalnya adalah 80.8mg/L dengan menggunakan fotoreaktor yang memanfaatkan sinar UV dari matahari dengan tambahan cermin disekelilingnya. Data BOD yang didapat telah dimasukkan kedalam bentuk grafik Penurunn BOD seperti pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 21. Grafik Hubungan Waktu penyinaran dengan BOD air Sungai Kampar

Dari hasil data penelitian didapatkan penurunan kadar BOD didalam air sungai Kampar dari fotoreaktor yang tanpa tambahan cermin dari 80,8 mg/L turun hingga 19mg/L dengan standart deviasi 24,1. kemudian dari reaktor yang dengan penmbahan cermin disekeliling yang dimaksudkan untuk meningkatkan intensitas UV yang mengarah ke reaktor didapatkan penurunan harga BOD dari 80,8 mg/L hingga 11,5 mg/L dengan standart deviasi 26,35, hal ini menunjukkan adanya pengaruh intensitas UV dan juga cahaya tampak terhadap rekasi fotokatalitik didalam fotoreaktor. Dengan harga BOD tersebut diatas maka kategori air sungai Kampar masuk kedalam kelas IV.

## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah Bambu dapat dicoating dengan  $\text{TiO}_2$  dengan precursor  $\text{TiO}_2$  melalui teknik *hydrothermal deposition*. Permukaan sampel Bambu sebelumnya sudah dibuat hidropobik dengan pencelupan kedalam surfaktan anionik SDS.

Analisis terhadap bahwa oksida logam yang menempel pada permukaan Bambu tersebut berstruktur kristal rutil dan Anatase. Kemudain SEM EDX juga dapat memperkuat data bahwa Bambu telah dilapisi oleh  $\text{TiO}_2$ . Analisis luas permukaan dan pori kayu menggunakan metode BET dan BJH menunjukkan bahwa luas permukaan spesifik bahan tersebut 410,7 m<sup>2</sup>/g dengan ukuran pori sebesar 20Å absorpsi dan 16,5Å desorpsi.

Pemeriksaan jumlah degradasi polutan organik dari air sungai Kampar dilakukan dengan UV-Vis. Spektrum UV-Vis terhadap air sungai Kampar menunjukkan pada panjang gelombang 204 nm hingga 216.5 nm, terdapat variasi serapan spectrum UV-vis antara 3,6 hingga 2,85. kemudian terus cenderung turun pada peningkatan panjang gelombang sampai lebih 400nm. pH sampel air sungai Kampar dari 4,75 menjadi 6,72 dan konsentrasi COD air sungai Kampar turun dari 94,7 mg/L turun menjadi 24,4 mg/L dengan memanfaatkan reaksi fotokatalitik yang dibantu dengan UV dari sinar matahari langsung, sedangkan BOD didapat penurunan dari 80,8 mg/l hingga 11,5 mg/L.

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa Bambu dapat dijadikan sebagai pendukung dari fotoreaktor dengan menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  yang didapatkan dari proses *metode slip coating* dan dapat menjernihkan air sungai Kampar yang mengandung polutan organik dengan naiknya pH, kemudian turunnya COD dan BOD air sungai Kampar.

### 5.2 Saran

Dari penelitian dan perhitungan teoritis ada beberapa hal yang dapat menjadi saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penelitian lanjutan dapat menggunakan reaktor continou dengan pendukung yang berbeda seperti keramik, ataupun tanah liat.

2. Penelitian lanjutan dapat disarankan dengan teknik coating yang berbeda untuk mendapatkan sifat *self cleaning* yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., & Min, B. M. U. (2013). Removal Natural Organic Matter ( NOM ) in Peat Water from Wetland Area by Coagulation-Ultrafiltration Hybrid Process with Pretreatment Two-Stage Coagulation, *1*(1), 42–49.
- Abdulloh., F. N. M. I. K. R. L. H. and. (2017). The effect of TiO<sub>2</sub> thin film thickness on self- cleaning glass properties 11-23.
- Allen, N. S., Edge, M., Verran, J., Caballero, L., Abrusci, C., Stratton, J., Bygott, C. (2009). Photocatalytic Surfaces : Environmental Benefits of Nanotitania , 6–27.
- Arifianingsih, N. N., Zevi, Y., Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2020). Peat water treatment using oxidation and physical filtration system and its performance in reducing iron ( Fe ), turbidity , and color, *1*, 1–5.
- Baudys, M., Krysa, J., & Mills, A. (2017). Smart inks as photocatalytic activity indicators of self-cleaning paints, *280*, 8–13.
- Bergamasco, R., da Silva, F. V., Arakawa, F. S., Yamaguchi, N. U., Reis, M. H. M., Tavares, C. J., ... Tavares, C. R. G. (2011). Drinking water treatment in a gravimetric flow system with TiO<sub>2</sub> coated membranes. *Chemical Engineering Journal*, *174*(1), 102–109.
- Farahmandjou, M, Khalili, P., Branch, V. P., & Branch, Q. (2013). Study of Nano SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> Superhydrophobic Self-Cleaning Surface Produced by Sol-Gel, *7*(6), 462–465.
- Farahmandjou, Majid. (2015). Self-cleaning Measurement of Nano-Sized Photoactive TiO<sub>2</sub> Self-Cleaning Measurement of Nano-Sized Photoactive TiO<sub>2</sub>, *(3)* 33-42.
- Fitria, L., Desmaiani, H., Khalid, M. M., & Syahrul, S. (2020). Status Mutu Air pada Lahan Sungai Kampar di Sungai Putat Kota Pontianak Kalimantan Barat, *13*(1), 45–48.
- Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, *1*(1), 1–21.
- Hashimoto, K., Irie, H., & Fujishima, A. (2006). TiO<sub>2</sub> Photocatalysis : A Historical Overview and Future Prospects, *44*(12), 8269–8285.
- Hermansyah, A., & Munaf, E. (2016). Biomaterials supported with titania as photocatalyst in peat water purification, *7*(JUNE 2015), 192–197.

- Hevi. Sutrisno, Muhdarina, T. A. A. . (2014). Pengolahan Air Sungai Kampar Dengan Koagulan Cair Hasil Ekstraksi Lempung Alam Desa Cengar Menggunakan Larutan H<sub>2</sub>so<sub>4</sub>, *1*(416), 0–6.
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., & Bahnemannt, D. W. (1995). Environmental of titania, (1) 1-33.
- Lee, D.-S., & Liu, T.-K. (2002). Preparation of TiO<sub>2</sub> Sol Using TiO<sub>2</sub> as a Precursor. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *25*, 121–136.
- Lim, D., Kim, S., Kong, H., Nam, D., Shim, S. E., & Baeck, S. (2018). Facile Analytical Methods to Determine the Purity of Titanium Tetrachloride, *20-18*.
- Magalh, P., Andrade, L., Nunes, O. C., & Mendes, A. (2017). Titanium Dioxide photocatalysis : fundamentals and application ON photoinactivation.
- Masduqi, A. (2017). Degradation of organic , iron , color and turbidity from peat water degradation of organic , iron , color and turbidity, (10).
- Matlal Fajri Alif , Wandha Aprillia, S. A. (2018). Peat Water Purification by Hydroxyapatite ( HAp ) Synthesized from Waste Pensi ( Corbicula moltkiana ) Shells Peat Water Purification by Hydroxyapatite ( HAp ) Synthesized from Waste Pensi ( Corbicula moltkiana ) Shells.299/1/012002
- Ningrum, S. O. (2008). Analisis kualitas badan air dan kualitas air sumur DI kapuas 22-29.
- Niu, H., Yang, H., Tong, L., & Zhong, S. (2019). Spectral study of humic substance extract from pressurized oxidizing slag of Carlin-typed gold deposit Spectral study of humic substance extract from pressurized oxidizing slag of Carlin-typed gold deposit./1742-6596/1347
- Odling, G., Ivaturi, A., Chatzisyneon, E., & Robertson, N. (2018). Improving Carbon-Coated TiO<sub>2</sub> Films with a TiCl<sub>4</sub> Treatment for Photocatalytic Water Purification, 234–243.
- Ohno, T., Sarukawa, K., & Matsumura, M. (2002). Crystal faces of rutil and anatase TiO<sub>2</sub> particles and their roles in photocatalytic reactions. *New Journal of Chemistry*, *26*(9), 1167–1170.
- Pori, P., Vilčnik, A., Petrič, M., Sever Škapin, A., Mihelčič, M., Šurca Vuk, A., ... Orel, B. (2016). Structural studies of TiO<sub>2</sub>/wood coatings prepared by hydrothermal deposition of rutil particles from TiO<sub>2</sub> aqueous solutions on spruce (Picea Abies) wood. *Applied Surface Science*, *372*, 125–138.
- Roberts, J. (2018). The Use of UV-Vis Spectroscopy in Bioprocess and

Fermentation Monitoring. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010018>

- Rosli, N., Gandaseca, S., Ismail, J., Jailan, M. I., & Sarawak. (2010). Comparative Study of Water Quality at Different Peat Swamp Forest of Batang Igan , Sibuloh Sarawak Department of Forestry , Faculty of Agriculture and Food Sciences , Department of Animal Science and Fishery , Faculty of Agriculture and Food Sciences , 6(5), 416–421.
- Safitri Ulfah Ramadhani, Lia Destiarti, I. S. (2017). Degradasi bahan organik Pada air sungai Kampar. *jkk Untan*, 6(1).
- Said, Y. M., Achnopa, Y., Zahar, W., & Wibowo, Y. G. (2019). karakteristik fisika dan kimia air sungai Kampar kabupaten, 11, 132–142.
- Sun, Q., Lu, Y., & Liu, Y. (2017). Method Growth of hydrophobic TiO<sub>2</sub> on wood surface using a hydrothermal method, 011-5750-y
- Thamaphat, K., Limsuwan, P., & Ngotawornchai, B. (2008). Phase Characterization of TiO<sub>2</sub> Powder by XRD and TEM, 361, 357–361.
- Tung, N. T., & Huyen, D. N. (2016). Effect of HCl on the Formation of TiO<sub>2</sub> Nanocrystallites, 20-26
- Verma, G., & Mishra, M. (2018). development and Optimization of UV-vis spectroscopy - A review, 7(11), 1170–1180.
- Wood, A. H. of selected. (2008). *Enis kayu indonesia* (Vol. 1).
- Yi, Q., Wang, H., Cong, S., Cao, Y., Wang, Y., Sun, Y., ... Zhao, J. (2016). Self-Cleaning Glass of Photocatalytic Anatase TiO<sub>2</sub> @ Carbon Nanotubes Thin Film by Polymer-Assisted Approach Self-Cleaning Glass of Photocatalytic Anatase TiO<sub>2</sub> @ Carbon Nanotubes Thin Film by Polymer-Assisted Approach. *Nanoscale Research Letters*. 1674-4
- Zulfikar, E. (2012). penurunan konsentrasi organik air sungai Kampar secara aop ( Advanced Oxidation Processes ) dengan fotokimia sinar UV dan UV-peroksidasi, (SNYube), 233–240.

## LAMPIRAN



## Lampiran 1. Data hasil XRD Bambu

### Anchor Scan Parameters

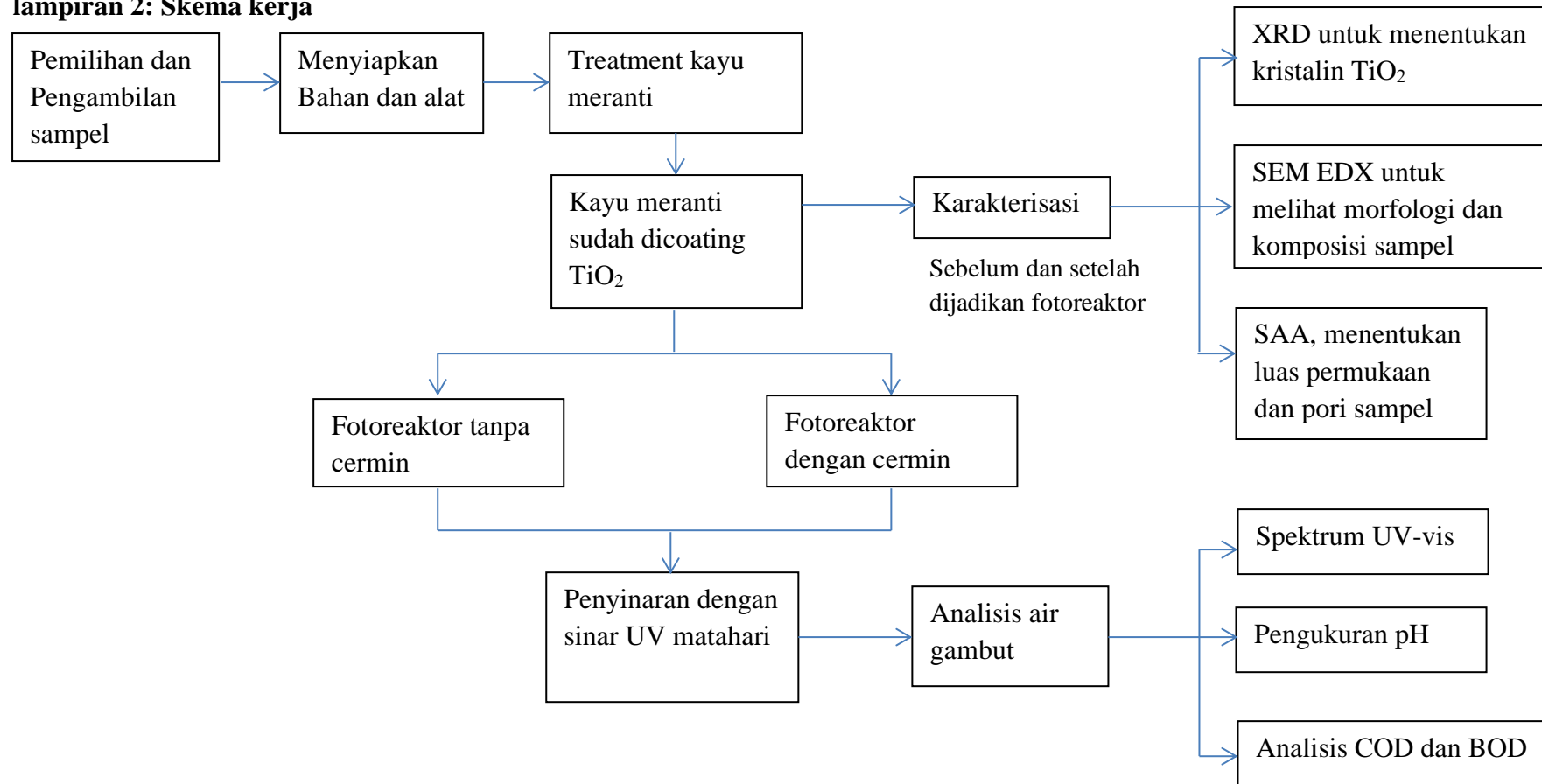
Dataset Name: BB 030 Meranti TiO2 (036)  
 File name: D:\XRD DATA\JANUARI 2020\BB 030 Meranti TiO2 (036).xrdml  
 Comment: Pengukuran Si 4 April 2014

Measurement Date / Time: 1/30/2020 1:51:43 PM  
 Operator: BATAN  
 Raw Data Origin: XRD measurement (\*.XRDML)  
 Scan Axis: Gonio  
 Start Position [°2Th.]: 5.0131  
 End Position [°2Th.]: 79.9711  
 Step Size [°2Th.]: 0.0260  
 Scan Step Time [s]: 22.4400  
 Scan Type: Continuous  
 PSD Mode: Scanning  
 PSD Length [°2Th.]: 3.35  
 Offset [°2Th.]: 0.0000  
 Divergence Slit Type: Fixed  
 Divergence Slit Size [°]: 0.5000  
 Specimen Length [mm]: 10.00  
 Measurement Temperature [°C]: 25.00  
 Anode Material: Cu  
 K-Alpha1 [Å]: 1.54060  
 K-Alpha2 [Å]: 1.54443  
 K-Beta [Å]: 1.39225  
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000  
 Generator Settings: 30 mA, 40 kV  
 Diffractometer Type: 0000000011150754  
 Diffractometer Number: 0  
 Goniometer Radius [mm]: 240.00  
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 100.00  
 Incident Beam Monochromator: No  
 Spinning: No

### Peak List

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHMLeft [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|
| 15.71 (1)    | 759 (26)     | 3.00 (6)         | 5.63536       |               |
| 20.57        |              |                  |               |               |
| 15.75 (1)    | 379 (26)     | 3.00 (6)         | 5.63536       |               |
| 10.28        |              |                  |               |               |
| 22.285 (3)   | 3689 (22)    | 2.48 (1)         | 3.98603       |               |
| 100.00       |              |                  |               |               |
| 22.341 (3)   | 1845 (22)    | 2.48 (1)         | 3.98603       |               |
| 50.00        |              |                  |               |               |

**lampiran 2: Skema kerja**



Gambar 3.2 Flowchart skema kerja penelitian

## Lampiran 3: Data Reduksi dari BET

**MULTI POINT BET****Data Reduction**

|           |                  |               |   |                       |                |              |
|-----------|------------------|---------------|---|-----------------------|----------------|--------------|
| Adsorbate | Nitrogen         | Temperature   | : | 77.350K               |                |              |
|           | Molec.Wt.: 28.08 | Cross Section | : | 16.200 Å <sup>2</sup> | Liquid density | : 0.908 g/cc |

**Multi-point**

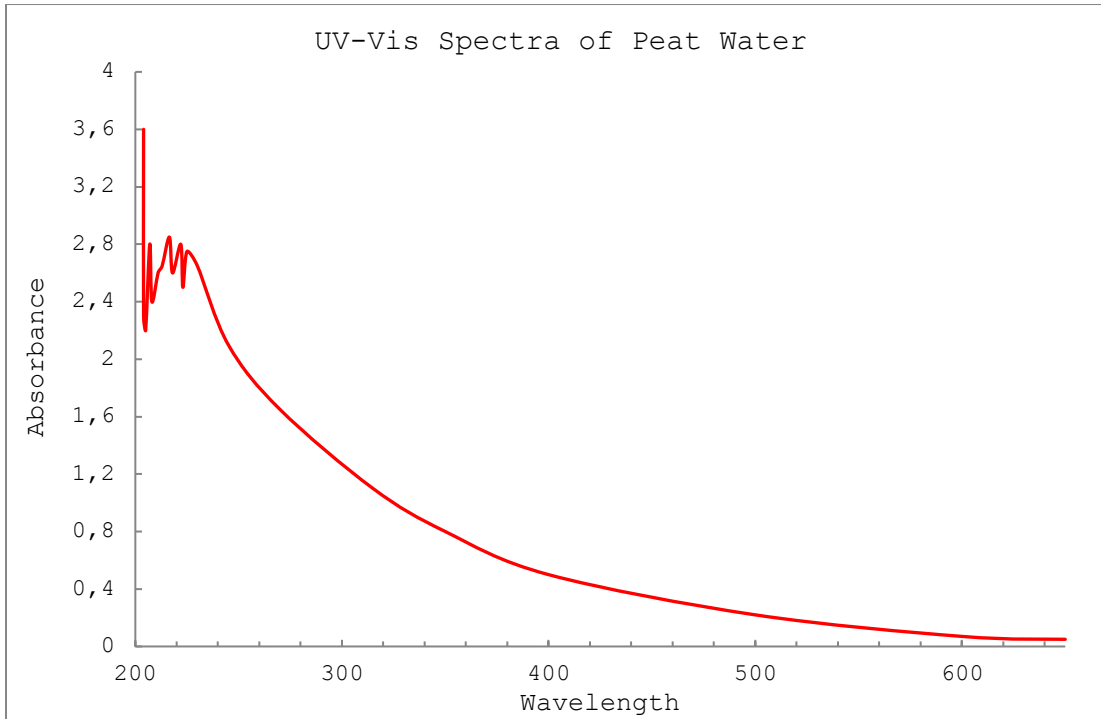
| Relative Pressure<br>P/Po | Volume @ STP<br>(cc/g) | 1/[w((Po/P)-1)] | Relative Pressure<br>P/Po | Volume @ STP<br>(cc/g) | 1/[w((Po/P)-1)] |
|---------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|-----------------|
| 2.2                       | 24.6001                | 1.8436          | 4.6                       | 31.7159                | 6.4382          |
| 2.5                       | 26.0206                | 2.5615          | 4.4                       | 32.7081                | 7.1878          |
| 2.8                       | 27.3067                | 3.3256          | 5.5                       | 33.7365                | 8.0236          |
| 3.6                       | 28.4875                | 4.1101          | 9                         | 34.749                 | 8.8181          |
| 4.5                       | 29.575                 | 4.8661          | 17                        | 35.7391                | 9.6301          |
| 5                         | 30.6167                | 5.6519          |                           |                        |                 |

**BET Summary**

|             |                |   |                         |
|-------------|----------------|---|-------------------------|
|             | Slope          | = | 1.0909                  |
|             | Intercept      | = | 1.2411                  |
| Correlation | Coefficient, r | = | 0.953                   |
|             | C Constant     | = | 259.980                 |
|             | Surface Area   | = | 410.7 m <sup>2</sup> /g |

## Lampiran 4: Grafik spectrum UV-vis

## Peak/Valley Detect



Date 2019/09/06 16:02:23  
Instrument name UV-Vis Spectrophotometer uv - 1800  
Instrument S/N A11454908091  
Measure Mode Abo  
Scan range / nm 800.0 - 400.0  
Scan pitch / nm 1.0  
Scan speed Fast  
Slit width / nm 1.0  
Peak 2.822 226  
Valley 2.226 206

Lampiran 5 : Data intensitas cahaya matahari, COD dan BOD dan standart kualitas air.

### Data Intensitas cahaya matahari

| Hari ke | jam (WIB) | Intensitas cahaya (Lux) | Intensitas cahaya dibawah pantulan cermin (Lux) |
|---------|-----------|-------------------------|---|
| 1       | 12.00     | 115.700                 | 116.500   |
| 2       | 12.00     | 115.700                 | 116.400   |
| 3       | 12.00     | 114.900                 | 115.500   |
| 4       | 12.00     | 115.500                 | 116.700   |
| 5       | 12.00     | 115.000                 | 115.900   |

|   |           |        |         |
|---|-----------|--------|---------|
| 1 | jam 11.00 | 90.800 | 93.400  |
| 1 | jam 13.00 | 98.600 | 100.000 |

### Data nilai COD dan BOD dengan Standart deviasi

| waktu   | non  | non  | non  | Rata-rata |
|---------|------|------|------|-----------|
| 0       | 96   | 95.8 | 95.6 | 95.8      |
| 1       | 88.2 | 88.5 | 88.2 | 88.3      |
| 2       | 78.8 | 78.5 | 78.5 | 78.6      |
| 3       | 68.4 | 68.2 | 68.4 | 68.33     |
| 4       | 55.6 | 55.5 | 55.5 | 55.53     |
| 5       | 47.1 | 47.3 | 47.2 | 47.2      |
| deviasi |      |      |      | 18.84     |

| COD with | COD with | COD with | Rata-rata |
|----------|----------|----------|-----------|
| 94.8     | 94.7     | 94.6     | 94.7      |
| 82.3     | 82.3     | 82.3     | 82.3      |
| 61.2     | 61.3     | 61.3     | 61.26667  |
| 47.5     | 47.5     | 47.5     | 47.5      |
| 35.1     | 35.2     | 35.4     | 35.23333  |
| 24.4     | 24.5     | 24.3     | 24.4      |
| deviasi  |          |          | 27.21932  |

| waktu   | non  | non  | non  | rata2 |
|---------|------|------|------|-------|
| 0       | 80.8 | 80.6 | 80.8 | 80.73 |
| 1       | 64.6 | 64.7 | 64.4 | 64.57 |
| 2       | 47.1 | 47.3 | 47.2 | 47.2  |
| 3       | 33.5 | 33.7 | 33.5 | 33.57 |
| 4       | 24.2 | 24   | 24   | 24.07 |
| 5       | 19   | 19.2 | 18.8 | 19    |
| deviasi |      |      |      | 24.12 |

| with    | with | with | rata2    |
|---------|------|------|----------|
| 80.8    | 80.8 | 80.8 | 80.8     |
| 52.2    | 52.2 | 52.2 | 52.2     |
| 33.8    | 33.5 | 33.8 | 33.7     |
| 22.8    | 22.4 | 22.4 | 22.53333 |
| 15.6    | 15.7 | 15.5 | 15.6     |
| 11.5    | 11.3 | 11.7 | 11.5     |
| deviasi |      |      | 26.35342 |



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN  
PERATURAN PEMERINTAH  
NOMOR 82 TAHUN 2001  
TANGGAL 14 Desember 2001  
TENTANG PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN  
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

| PARAMETER                 | SATUAN | KELAS     |           |           |           | Keterangan  |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
|                           |        | I         | II        | III       | IV        |   |
| <b>FISIKA</b>             |        |           |           |           |           |   |
| Temperatur                | °C     | deviasi 3 | deviasi 3 | deviasi 3 | deviasi 5 | Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya  |
| Residu Terlarut           | mg/L   | 1000      | 1000      | 1000      | 2000      |   |
| Residu Tersuspensi        | mg/L   | 50        | 50        | 400       | 400       | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L                   |
| <b>KIMIA ANORGANIK</b>    |        |           |           |           |           |   |
| pH                        |        | 6 - 9     | 6 - 9     | 6 - 9     | 5 - 9     | Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah    |
| BOD                       | mg/L   | 2         | 3         | 6         | 12        |   |
| COD                       | mg/L   | 10        | 25        | 50        | 100       |   |
| DO                        | mg/L   | 6         | 4         | 3         | 0         | Angka batas minimum   |
| Total fosfat sbg P        | mg/L   | 0,2       | 0,2       | 1         | 5         |   |
| NO <sub>3</sub> sebagai N | mg/L   | 10        | 10        | 20        | 20        |   |
| NH <sub>3</sub> -N        | mg/L   | 0,5       | (-)       | (-)       | (-)       | Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub> |
| Arsen                     | mg/L   | 0,05      | 1         | 1         | 1         |   |
| Kobalt                    | mg/L   | 0,2       | 0,2       | 0,2       | 0,2       |   |
| Barium                    | mg/L   | 1         | (-)       | (-)       | (-)       |   |
| Boron                     | mg/L   | 1         | 1         | 1         | 1         |   |
| Selenium                  | mg/L   | 0,01      | 0,05      | 0,05      | 0,05      |   |
| Kadmium                   | mg/L   | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,01      |   |
| Khrom (VI)                | mg/L   | 0,05      | 0,05      | 0,05      | 1         |   |
| Tembaga                   | mg/L   | 0,02      | 0,02      | 0,02      | 0,2       | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L                                      |
| Besi                      | mg/L   | 0,3       | (-)       | (-)       | (-)       | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L                                      |
| Timbal                    | mg/L   | 0,03      | 0,03      | 0,03      | 1         | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L                                    |



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

| PARAMETER                         | SATUAN | KELAS |     |     |     | Keterangan |
|-----------------------------------|--------|-------|-----|-----|-----|------------|
|                                   |        | I     | II  | III | IV  |            |
| <b>FISIKA</b>                     |        |       |     |     |     |            |
| Heptachlor dan heptachlor epoxide | ug/L   | 18    | (-) | (-) | (-) |            |
| Lindane                           | ug/L   | 56    | (-) | (-) | (-) |            |
| Methoxychlor                      | ug/L   | 35    | (-) | (-) | (-) |            |
| Endrin                            | ug/L   | 1     | 4   | 4   | (-) |            |
| Toxaphan                          | ug/L   | 5     | (-) | (-) | (-) |            |

**Keterangan:**

mg = milligram

ug = mikrogram

ml = milliliter

L = Liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termaksud, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda  $\leq$  adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda  $<$  adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd

MEGAWATI SOEKARNOPUTRI

Salinan sesuai dengan aslinya

Deputi Sekretaris Kabinet  
Bidang Hukum dan Perundang-undangan,

Lambock V. Nahattands

## Lampiran 6: out put penelitian

**1. Seminar dan konferensi**

Studi ini telah disajikan pada beberapa seminar dan konferensi sebagai berikut:

| No. | konfrensi/seminar  | tempat dan waktu                  | judul makalah  |
|-----|--|-----------------------------------|--|
| 1   | senpling ( seminar nasional pelestarian lingkungan                         | pekanbaru 25 november 2017        | Modifikasi Tembikar Tanah Liat Dengan Fotokatalis TiO <sub>2</sub> Untuk Menurunkan Kadar Polutan Organik Air Sungai Kampar. |
| 2   | International Conference of Basic Sciences and Its Aplication (ICBSA 2018) | Inna international hotel - padang | Photoreactor Design by Clay Pottery Modification with TiO <sub>2</sub> Coating in Peat Water Purification                    |

**2. Artikel ilmiah**

Data peneltian ini telah dipublikasikan sebagai artikel ilmiah di beberapa jurnal sebagai berikut:

| No. | judul artikel  | status dan jurnal   | kualifikasi jurnal       |
|-----|--|---|--------------------------|
| 1   | Hydrothermal deposition of TiO <sub>2</sub> solution to produce tio <sub>2</sub> particles on the surface of meranti wood ( <i>shorea sp</i> ) | published, International Journal Pharmaceutical Research (IJPR) Oct - Dec 2020   Vol 12   Issue 4 | terindeks scopus Q2      |
| 2   | A Study Of TiO <sub>2</sub> Coating Structure On Surfaces Of Meranti Wood ( <i>Shorea Sp</i> ) As A Photocatalyst In Peat Water                | published, Journal of Critical Reviews 7 (14), 661-665, Vol 7, Issue 14, 2020                     | terindeks scopus Q4      |
| 3   | Photoreactor Design by Clay Pottery Modification with TiO <sub>2</sub> Coating in Peat Water Purification                                      | proceeding, published, KnE Engineering, 171–179-171–179, 2019                                     | terindeks google scholar |
| 4   | Regeneration Of Meranti Wood Supported Photoreactors   | under review, Clean-Soil, air and water, wiley VCH publisher, manuscripts ID 202200409, 2022      | terindeks scopus Q2      |