

**KOMBINASI FOTOKATALISIS *TITANIUM DIOKSIDA* (TiO<sub>2</sub>)  
DAN ARANG AKTIF UNTUK MENDEGRASI POLUTAN  
LIMBAH TAHU**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**PUTRI ANALISA**

**NIM. 150702082**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM - BANDA ACEH  
2022 M /1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

KOMBINASI FOTOKATALISIS *TITANIUM DIOKSIDA* ( $\text{TiO}_2$ )  
DAN ARANG AKTIF UNTUK MENDEGRASI POLUTAN LIMBAH  
TAHU

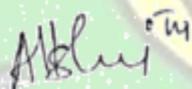
TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik  
Lingkungan

Diajukan oleh:  
PUTRI ANALISA  
NIM. 150702082

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

Pembimbing I

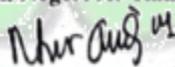
  
Teuku Muhammad Ashari, S.T., MSc.  
NIDN.2002028301

Pembimbing II

  
Arief Rahman, M.T  
NIDN. 2010038901

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

  
Dr. Eng. Nur Aida, M.Si  
NIP. 19780616200501200

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

KOMBINASI FOTOKATALISIS *TITANIUM DIOKSIDA* ( $\text{TiO}_2$ )  
DAN ARANG AKTIF UNTUK MENDEGRASI POLUTAN LIMBAH TAHU

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Univesitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Serta diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 22 Juli 2022  
23 Dzulhijjah 1443 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua.

Tenku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc  
NIDN. 2002028301

Sekretaris.

Arief Rahman, M.T.  
NIDN. 2010038901

Penguji I.

Dr. Eng. Nur Aida, M.Si  
NIP. 19780616200501200

Penguji II.

Aulia Rohendi, M.Sc  
NIDN. 2010048202

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar Amsal, M.Pd  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Putri Analisa  
Nim : 150702082  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Kombinasi Fotokatalisis Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)  
dan Arang Aktif dalam Mendegradasi Limbah Cair Tahu

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Skripsi ini, saya :

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini merupakan adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
5. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung tanggung jawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Uin Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 11 Februari 2023

Yang membuat pernyataan,



Putri Analisa

## ABSTRAK

Nama : Putri Analisa  
NIM : 150702082  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Kombinasi Fotokatalisis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )  
dan Arang Aktif Dalam Mendegradasi Polutan  
Limbah Cair Tahu  
Tebal Skripsi : 62 Halaman  
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Pembimbing II : Arief Rahman M.T  
Kata Kunci : Limbah Cair Tahu,  $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif

Limbah cair tahu merupakan limbah yang bersumber dari kegiatan atau aktivitas pembuatan tahu yang bersumber dari perindustrian. Limbah cair tahu yang dibuang langsung tanpa pengolahan dapat mencemari badan air. Sesuai dengan hasil laboratorium, limbah dari hasil pengolahan tahu memiliki kandungan COD dan BOD yang tinggi dan tidak memenuhi baku mutu. Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan adanya pengolahan limbah cair tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai dari penyisihan pH, Turbiditas, TSS, dan COD dengan variasi waktu dari penyinaran lampu UV. Salah satu alternatif pengolahannya adalah menggunakan metode fotokatalisis, biasanya pada metode ini digunakan lampu UV sebagai alat untuk dilakukan penyinaran, reaktor untuk dilakukannya penyinaran. Pada penelitian ini menggunakan bahan katalisis seperti  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif. Durasi penyinaran terbaik dalam penyisihan kadar kekeruhan optimum berada pada durasi 60 menit dengan waktu pengendapan selama 120 menit mampu menurunkan kadar kekeruhan dari nilai awal nya 469 NTU menjadi 147 NTU dengan persentase 68 %, parameter pH masih berada pada pH netral (6-9) dan masih memenuhi syarat baku mutu limbah cair tahu, penyisihan kadar TSS durasi penyinaran optimum berada pada durasi 60 menit dengan menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dengan dosis 1 g/L dari nilai awal 52 menjadi 21 dengan persentase 60 %, dan dosis optimum penurunan parameter COD optimum pada waktu penyinaran 90 menit dengan menggunakan kombinasi katalis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif dengan dosis 1 g/L mampu menurunkan 274 dari nilai awal 577 dengan persentase 52 %.

## ABSTRACT

*Name* : Putri Analisa  
*ID Number* : 150702082  
*Department* : *Enviromental Engineering*  
*Title* : *Photocatalyst Combination of Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) and Activated Charcoal To Degrade Tofu Liquid Waste Pollutants*  
*Date of Session*  
*Thesis Thickness* : 62 Ppages  
*Advisor I* : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
*Advisor II* : Arief Rahman M.T  
*Keywords* : *Tofu Liquid Waste, TiO<sub>2</sub>, Activated Charcoal*

*Tofu liquid waste water is waste that comes from tofu-making activities or activities both from industry. Tofu waste water that is disposed of directly without treatment can pollute water bodies. In accordance with laboratory results, waste from tofu processing has high COD and BOD content and does not meet quality standards. With these problems, it is necessary to treat tofu liquid waste. One alternative processing is to use the photocatalytic method, usually in this method a UV lamp is used as a tool for irradiation, a reactor for irradiation. In this study using catalytic materials such as TiO<sub>2</sub> and activated charcoal. The purpose of this study was to identify the effect of irradiation duration on decreasing pH, TSS, COD, and turbidity.*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah memberikan limpahan rahmat dan kemudahan sehingga penyusun dapat menyelesaikan matakuliah Tugas Akhir dengan judul “**Kombinasi Penggunaan Fotokatalisis  $TiO_2$  dan Arang Aktif Dalam Mendegradasi Polutan Limbah Cair Tahu** Shalawat serta salam kita ucapkan keharibaan Nabi Muhammad SAW dan kepada sahabat serta keluarga beliau yang telah berjuang bersama untuk memberikan pengertian pentingnya ilmu pengetahuan.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mempelajari cara pembuatan Tugas Akhir pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, masukan, dan materil sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih ini penulis tunjukkan kepada :

1. Ibunda Tercinta Cut Putriawati, ayahanda tercinta Taufiq, adik-beradik Syarif Maulana, Maulana Ahmad Iqbal, Razaqul Maulana dan Uswatun Najwa, serta keluarga besar Cut Putri yang tak pernah henti mendoakan, memberi semangat dan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini
2. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku pembimbing I, dan Bapak Muhammad Arief M.T sebagai pembimbing II yang sudah mendidik dan membimbing saya mulai dari pengajuan judul, penulisan proposal, penelitian, sampai tugas akhir ini terselesaikan.
3. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si. selaku ketua Prodi Teknik Lingkungan
4. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan atas kesempatan dan bantuan yang diberikan kepada penulis dalam melakukan penelitian dan memperoleh informasi yang diperlukan selama penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku Pembimbing akademik, yang sudah memberikan semangat dan dukungan selama masa perkuliahan

6. Sahabat saya, Hasrizal yang selalu mengingatkan, mendoakan, memberi dukungan, menyemangati, dan membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman leting 2015 yang sudah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan dari semua pihak yang sudah membantu saya dalam penyusunan tugas akhir ini. Meskipun penulis sudah berusaha menyelesaikan tugas akhir ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca guna merevisi kembali tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, baik untuk penulis sendiri, masyarakat dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan. Inilah yang dapat penulis sampaikan, segala kelebihan hanyalah milik Allah dan kekurangan hanyalah dari penulis sendiri. Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Banda Aceh, 7 Juli 2022  
Penulis,

Putri Analisa

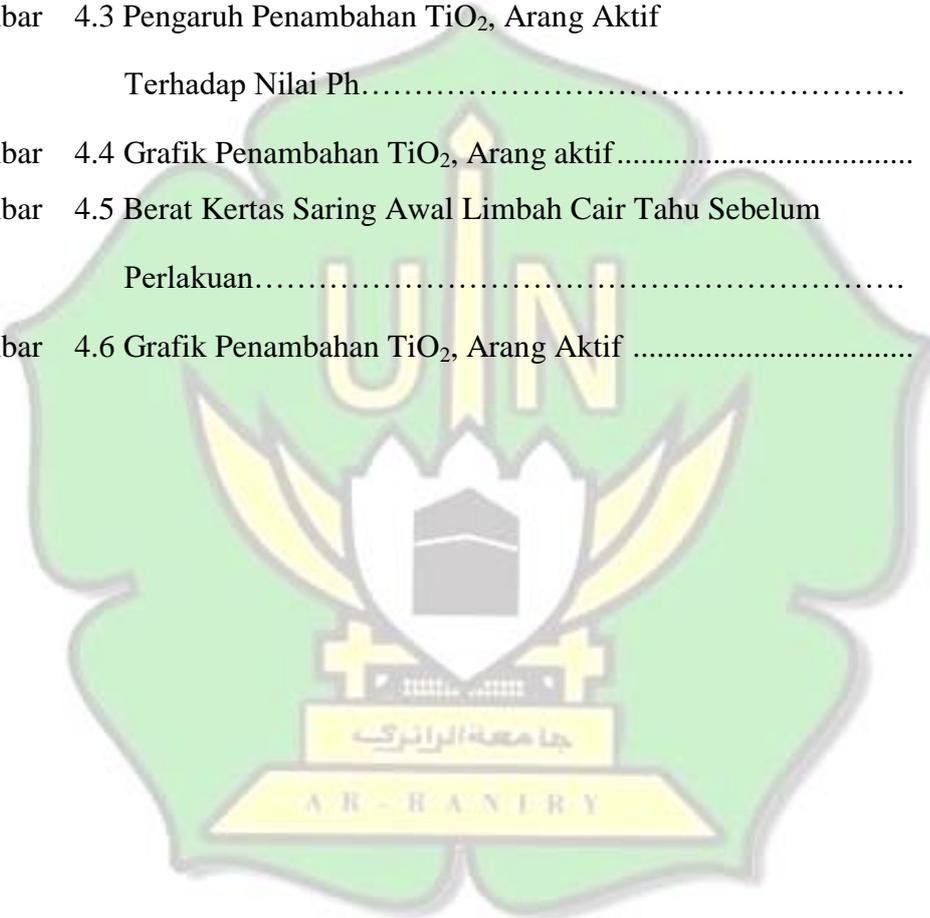
## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Industri Tahu .....	6
2.2 Limbah Tahu .....	6
2.3 Karakteristik Limbah Cair.....	7
2.4 Fotokatalisis .....	11
2.5 Fotokatalisis TiO <sub>2</sub> .....	12
2.6 Arang.....	15
2.6 Arang Aktif .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Tahapan Penelitian .....	18
3.1.1 Tempat Pengambilan Sampel .....	19

3.1.2 Waktu Penelitian.....	20
3.2 Sampling Air Limbah .....	21
3.3 Alat dan Bahan .....	21
3.3.1 Alat.....	21
3.3.2 Bahan .....	21
3.3.3 Variabel Terikat .....	22
3.3.4 Variabel Bebas .....	22
3.4 Prosedur Kerja.....	22
3.4.1 Proses Penyinaran TiO <sub>2</sub> dan Arang Aktif .....	23
3.5 Pengukuran Parameter.....	24
3.5.1 Pengukuran pH .....	24
3.5.2 Pengukuran Turbiditas.....	25
3.5.3 Pengukuran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	26
3.5.4 Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Fotokatalisis Limbah Cair Tahu.....	30
4.2 Hasil Eksperiman .....	36
4.3 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> , Arang Aktif, Terhadap Kekeruhan .....	31
4.4 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> , Arang Aktif, Terhadap Nilai pH.....	34
4.5 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> , Arang Aktif, Terhadap Nilai COD .....	37
4.6 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> , Arang Aktif, Terhadap Nilai TSS.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.5.1 Tahap Reduksi Oksigen Menjadi OH Radikal.....	14
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Limbah cair Tahu .....	20
Gambar 4.1 Reaktor Fotokatlisis.....	29
Gambar 4.2 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif Penurunan Kekeruhan.....	35
Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif Terhadap Nilai Ph.....	37
Gambar 4.4 Grafik Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang aktif.....	43
Gambar 4.5 Berat Kertas Saring Awal Limbah Cair Tahu Sebelum Perlakuan.....	44
Gambar 4.6 Grafik Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif .....	46



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil dan pengujian Parameter Limbah Sebelum perlakuan .....	30
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Kekерuhan, pH, TSS, dan COD Menggunakan Katalis TiO <sub>2</sub> .....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter Kekерuhan, Ph, TSS dan COD Menggunakan Katalis TiO <sub>2</sub> dan Arang Aktif.....	32
Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> Terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan Pada Limbah Cair Tahu .....	33
Tabel 4.5 Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> dan Arang Aktif Terhadap Penurunan Kadar Kekерuhan Pada Limbah Cair Tahu .....	33
Tabel 4.6 Pengujian Parameter pH dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> dan Penyinaran Lampu UV .....	33
Tabel 4.7 Pengujian Parameter pH dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> -Arang Aktif dan Penyinaran Lampu UV .....	36
Tabel 4.8 Pengujian Parameter COD dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> dan Penyinaran Lampu UV .....	39
Tabel 4.9 Pengujian Parameter COD dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> -Arang Aktif dan Penyinaran Lampu UV .....	40
Tabel 4.10 Pengujian Parameter TSS dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> dan Penyinaran Lampu UV.....	43
Tabel 4.11 Pengujian Parameter TSS dengan Penambahan Katalisis TiO <sub>2</sub> -Arang Aktif dan Penyinaran Lampu UV .....	43

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah industri tahu berkaitan erat dengan masalah lingkungan khususnya pencemaran air. Beberapa jenis senyawa yang terkandung dalam limbah apabila dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan berakibat buruk dan akan mencemari lingkungan dan perairan (Bila dkk, 2003). Keberadaan senyawa limbah tahu dalam air mengakibatkan pencemaran yang dapat mencemari biota, sehingga berdampak pada manusia yang gemar mengonsumsi hasil perikanan. Untuk menghindari dampak negatif tersebut maka keberadaan senyawa limbah dari industri tahu perlu dihilangkan dari perairan.

Limbah industri tahu berkaitan erat dengan masalah pencemaran lingkungan terutama pencemaran air karena pada limbah cair tahu mempunyai kadar amoniak yang tinggi, pada lingkungan yang tercemar kadar amoniak diatas 0,1 mg/L akan mengakibatkan terganggunya ekosistem biota perairan dan lingkungan, dan selain itu juga dapat menimbulkan berbagai penyakit untuk manusia. Kandungan fosfat yang tinggi pun dapat menyebabkan terjadinya pertumbuhan tanaman air yang tak terkendali, sehingga dapat mengganggu cahaya yang masuk keperairan dan mengurangi distribusi oksigen untuk biota perairan (Wati, 2008).

Kandungan polutan organik yang tinggi dalam limbah cair tahu dapat bertindak sebagai bahan makanan bagi pertumbuhan mikroba. Pasokan makanan yang berlimpah, mengakibatkan mikroorganisme akan berkembang biak dengan cepat dan mereduksi oksigen yang terlarut dalam air. Hasil studi tentang karakteristik limbah cair tahu yang telah dilakukan oleh Marpaung, (2005) menyatakan bahwa limbah cair tahu di industri rata-rata mengandung BOD 1570,55 mg/L, COD 1889,95 mg/L, TSS 291 mg/L, pH 3,92 dan suhu 57,6 °C. Bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair industri tahu tentang Baku Mutu Limbah cair bag ikegiatan Industri, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD sebesar 75 mg/L, COD 200 mg/L, TSS 75 mg/L, pH 6,0-9,0 dan suhu  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  terhadap suhu udara, sehingga jelas bahwa limbah cair tahu ini telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, penanganan limbah cair secara dini mutlak perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut dalam melakukan pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan metode fotokatalisis untuk mendegradasi limbah cair tahu.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode fotokatalisis menggunakan TiO<sub>2</sub> telah berpotensi untuk mengatasi pencemaran limbah dengan cara yang ramah lingkungan serta menghemat biaya (Behpour dkk, 2010). Pada awal perkembangannya, TiO<sub>2</sub> digunakan sebagai fotokatalis yang mempunyai kelemahan dalam hal pemisahan katalis setelah proses degradasi dan daya adsorpsi katalis terhadap limbah. TiO<sub>2</sub> sering digunakan untuk fotoreduksi ion logam dan fotooksidasi atau fotodegradasi senyawa organik karena murah dan

penanganannya mudah.

TiO<sub>2</sub> adalah fotokatalis paling cocok untuk mengatasi pencemaran air limbah karena bersifat inert secara kimia maupun biologi, biaya relatif murah, dan tidak toksik (Behpour, dkk, 2010). Fotokatalisis juga merupakan salah satu cara yang efektif dalam pengolahan limbah cair. Fotokatalisis dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dan dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik, sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair (Miyake dkk, 2015). Menurut Setyawan, (2003) fotokatalisis adalah proses terjadinya reaksi suatu materi terhadap materi lainnya yang dibantu oleh energi dari penyinaran ultraviolet dan katalisis padat. Fotokatalisis pertama kali ditemukan oleh Renz pada tahun 1921, yaitu pada permukaan semikonduktor metal-oksida. Popularitas semikonduktor ini meningkat sejak dipublikasikan oleh Akira Fujishima di majalah nature pada tahun 1972. Ia melaporkan pemecahan air menjadi oksigen dan hidrogen menggunakan Kristal tunggal TiO<sub>2</sub> dengan input sinar UV berenergi rendah.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Basuki pada tahun 2008, arang aktif adalah media adsorpsi yang dapat disisipkan pada katalis TiO<sub>2</sub> karena dapat menangkap dan mengadsorpsi partikel-partikel yang sangat halus serta bersifat non-toksik, mudah dibuat dan didapatkan juga ekonomis. Arang aktif juga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub> dengan memperluas permukaan dari TiO<sub>2</sub>. Dari hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy*, arang aktif dapat mencegah penggumpalan antara partikel-partikel TiO<sub>2</sub>.

Andayani, (2006) telah meneliti kombinasi katalis TiO<sub>2</sub>-arang aktif yang disintesa dengan proses sol-gel dan diimobilisasi pada pelat *titanium*, katalis dibuat dengan berbagai rasio TiO<sub>2</sub>-arang aktif dan terbukti arang aktif dapat meningkatkan aktivitas katalik dari TiO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan kombinasi fotokatalisis TiO<sub>2</sub> dan arang aktif yang dapat membantu mendegradasi polutan limbah cair tahu sehingga tidak toksik dilingkungan (Septiani dkk, 2015).

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh kombinasi TiO<sub>2</sub> dan arang aktif terhadap penurunan parameter pencemar lingkungan pada limbah cair tahu?
2. Apakah hasil akhir penggunaan dari kombinasi arang aktif dan fotokatalisis TiO<sub>2</sub> sudah memenuhi baku mutu lingkungan?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Analisa yang diuji pada penelitian ini mencakup parameter kimia (BOD, COD, TSS, pH)
2. Fotokatalisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ).
3. Penggunaan arang aktif untuk meningkatkan aktivitas katalik pada *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif terhadap penurunan parameter pencemar lingkungan pada limbah cair tahu.
2. Mengetahui hasil akhir dari penggunaan  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif untuk mendegradasi limbah cair tahu, yang sudah memenuhi baku mutu lingkungan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan juga badan air yang disebabkan oleh limbah cair tahu dan dapat memberikan metode alternatif pengolahan limbah cair tahu dalam mendegradasi parameter pencemar lingkungan yang dapat menimbulkan bau tak sedap dan juga dapat merusak lingkungan dengan memanfaatkan kombinasi antara  $\text{TiO}_2$  dan juga arang aktif.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Industri Tahu**

Industri tahu dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair dan padat. Saat ini pembuatan tahu diIndonesia masih menggunakan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) masih sangat rendah dan tingkat produksinya sangat tinggi. Dalam proses pembuatan tahu, setiap tahapannya menggunakan air sebagai bahan pembantu dalam jumlah yang banyak.

Kegiatan industri tahu diIndonesia didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas, sehingga sebagian besar industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbah, dimana limbah cair langsung dibuang ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba di dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air akan menurun tajam. Limbah industri cair tahu mengandung zat tersuspensi sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh (Subekti, 2011).

Menurut Subekti, (2011) kegiatan industri tahu diIndonesia didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas, sehingga sebagian besar industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbah, dimana limbah langsung dibuang ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Sedangkan menurut Maltida, (2016) keberadaan industri tahu cukup potensial dalam penyerapan tenaga kerja yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar, namun disisi lain juga dapat memberikan dampak negatif akibat air limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu yang berpotensi merusak lingkungan.

Akibat dari kegiatan proses pada industri tahu yang kebanyakan limbah berasal dari hasil pencucian, perendaman, serta pembuangan cairan dari campuran padatan tahu dan cairan pada proses produksi. Adapun dampak dari kegiatan industri tersebut jika tidak ditangani dengan pengolahan yang benar dan tepat akan menimbulkan bau yang menyengat pada lingkungan dan polusi air yang dapat mengakibatkan kematian ikan dan biota lainnya, karena menurunnya kadar oksigen terlarut di dalam air (Nugraha, 2011).

## 2.2 Limbah Tahu

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat industri tahu belum dirasakan dampaknya karena limbah padat industri tahu bias dimanfaatkan sebagai bahan ternak. Air banyak digunakan sebagai bahan pencucian dan merebus kedelai untuk proses produksinya. Akibat dari banyaknya pemakaian air dalam proses pembuatan tahu maka limbah cair yang dihasilkan juga cukup besar. Limbah industri tahu juga mempunyai beban pencemar yang sangat tinggi.

Limbah cair tahu berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi. Limbah tahu terdiri atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau yang tak sedap bila dibiarkan tanpa adanya pengolahan (Nohong, 2010).

Pada dasarnya, proses produksi tahu menghasilkan dua (2) macam limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pada umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Sedangkan limbah cairnya berasal dari kegiatan perendaman, pengupasan kulit, pencucian, penggilingan, perebusan, dan penyaringan, yang proses didalamnya membutuhkan air yang banyak, dan air buangan dari proses tersebutlah kemudian menjadi limbah cair. Limbah industri tahu memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi, maka dari itu tanpa penanganan yang baik dan tepat maka limbah tersebut akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar dan juga pada perairan, contohnya seperti polusi air, dan juga menurunnya oksigen terlarut dalam air, apabila limbah tersebut dibuang ke badan air tanpa melakukan penanganan terlebih dahulu, dan akan mengakibatkan kematian pada biota laut. Untuk lingkungan limbah cair juga akan berdampak negatif seperti menimbulkan bau tak sedap, sumber penyakit, dan menurunkan estetika lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan jumlahnya cukup banyak dan kebanyakan berasal dari proses pencucian, perendaman serta pembuangan cairan dari campuran padatan tahu dan cairan pada proses produksi. Limbah cair tersebut mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang tinggi (Suharto, 2010).

Menurut Alimsyah, (2013) air limbah tahu memiliki kandungan BOD 5643-6870 mg/L, COD 6870-10.500 mg/L, P-Tot 80,5-82,6 mg/L jika dibandingkan dengan PERMEN LH Nomor 15 Tahun 2008 “ Tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kedelai”. Dengan batas

kandungan BOD 100 mg/L, COD 300 mg/L maka perlu adanya pengolahan limbah cair karena air limbah tahu sudah melampaui baku mutu yang telah ditetapkan.

### 2.3 Karakteristik Limbah Cair

Secara umum karakteristik air buangan dapat digolongkan atas sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi. Akan tetapi air buangan industri biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia. Parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri tahu adalah (Kaswinarni, 2007) :

1. Parameter fisika, seperti kekeruhan, suhu zat padat, bau dan lain-lain.
2. Parameter kimia, dibedakan atas kimia organik dan kimia anorganik.

Kandungan organik (BOD, COD, TOC) oksigen terlarut (DO), minyak atau lemak, nitrogen total, dan lain-lain. Sedangkan kimia anorganik meliputi : pH, Pb, Ca, Fe, Cu, Na, sulfur dan lain-lain.

Beberapa karakteristik limbah cairin dustri yang penting antara lain :

#### a. Padatan Tersuspensi

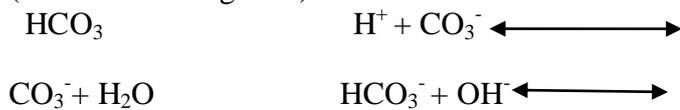
Yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat didalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan tersuspensi tersebut, maka air akan semakin keruh (Effendi, 2003).

#### b. Derajat Keasaman (pH)

Air limbah industri tahu sifatnya asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau yang tak sedap. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 6-9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga agar dicapai pH yang optimal.

Nilai pH merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktifitas fotosintesis mikroalga. Proses fotosintesis merupakan proses pengambilan CO<sub>2</sub> yang terlarut didalam air, dan berakibat pada penurunan CO<sub>2</sub> terlarut didalam air, penurunan CO<sub>2</sub> akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga akan menjadi netral. Sebaliknya, dalam keadaan yang terlalu asam ion karbonat akan mengalami

hidrolisa menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogenoksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali, dapat dilihat pada reaksi berikut (Lavens dan Sorgeloss) :



### c. Nitrogen – Total (N-Total)

Yaitu campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino dan protein (polimer asam amino). Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Pada kadar dibawah 1 ppm dapat terdeteksi bau yang sangat menyengat. Kadar  $\text{NH}_3$  yang tinggi dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Ammonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003). Pada lingkungan asam atau netral,  $\text{NH}_3$ , ada dalam bentuk ion  $\text{NH}_4^+$ . Pada lingkungan basa,  $\text{NH}_3$  akan dilepas ke atmosfer (Satersemi, 2002).

Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), air serta ammonium, selanjutnya ammonium akan diubah menjadi nitrat. Proses perubahan ammonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat disebut proses nitrifikasi. Untuk menghilangkan ammonia didalam limbah cair tahu sangat penting, karena ammonia bersifat racun bagi biota (Herlambang, 2005).

### d. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD Merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan zat organik secara biologis didalam limbah cair. Limbah industri cair tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi (Wardana, 2004).

Menurut Effendi, (2003) BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme untuk mencegah bahan buangan organik didalam suatu perairan. Konsentrasi BOD yang semakin tinggi menunjukkan semakin banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik.

Nilai BOD yang tinggi menunjukkan terdapat banyak senyawa organik didalam limbah tersebut, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme (Zulkifli dan Ami, 2011).

#### e. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Disebut juga kebutuhan oksigen secara kimiawi, merupakan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (*kalium dikromat*) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik maupun organik cukup besar, maka oksigen yang terlarut didalam air dapat mencapai nol, sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan biota air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan untuk hidup (Wardana, 2004).

Kebutuhan oksigen didalam limbah di tunjukkan melalui BOD dan COD. BOD adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi atau tidak, yakni dengan membuat perbandingan antara nilai BOD dan COD. Oksidasi berjalan sangat lambat dan secara teoritis memerlukan waktu tak terbatas. Dalam waktu 5 hari ( $BOD_5$ ), oksidasi organik karbon akan mencapai 95 %. COD adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia. Nilai COD akan selalu lebih besar dari BOD karena kebanyakan senyawa akan lebih mudah teroksidasi secara kimia dari pada biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat, yakni dapat dilakukan selama 3 jam, sedangkan pengukuran BOD paling tidak memerlukan waktu 5 hari. Jika nilai antara BOD dan COD sudah diketahui, maka kondisi air limbah dapat diketahui (Kaswinarni, 2007).

Salah satu alternatif potensial yang biasa digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah menggunakan metode degradasi fotokatalitik. Dari berbagai hasil penelitian, diketahui bahwa berbagai zat anorganik dapat di degradasi melalui serangkaian proses fotokatalisis dengan menggunakan sinar UV buatan atau sinar UV dari radiasi sinar matahari. Proses tersebut dapat dipercepat dengan menggunakan material yang bersifat fotokatalis yaitu material yang dapat mempercepat laju reaksi fotokimia (Tahir, 2004).

### 2.4 Fotokatalisis

Menurut Setyawan, (2003) fotokatalisis adalah proses terjadinya reaksi suatu materi terhadap materi lainnya yang dibantu oleh energi dari penyinaran ultraviolet dan katalisis padat. Fotokatalisis pertama kali ditemukan oleh Renz pada tahun 1921, yaitu pada permukaan semikonduktor metal-oksida. Popularitas semikonduktor ini meningkat sejak dipublikasikan oleh Akira Fujishima di majalah nature pada tahun 1972. Ia melaporkan pemecahan air menjadi oksigen dan hidrogen menggunakan kristal tunggal  $TiO_2$  dengan input sinar UV berenergi rendah.

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalisis. Proses reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya (foto). Fotokatalisis sendiri adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa ikut berubah secara

kimia. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi melalui interaksinya dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi atau dengan fotoproduk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Otmer dan Irk, 2012).

Fotokatalisis merupakan salah satu cara yang efektif dalam pengolahan limbah cair. Fotokatalisis dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dan dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik, sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair (Miyake dkk, 2015).

Suatu katalisis yang digunakan pada proses degradasi fotokatalik biasanya berupa material semikonduktor yang mempunyai nilai energi gap 0,5-3.0.  $\text{TiO}_2$  merupakan salah satu semikonduktor karena mempunyai nilai energi gap.

## 2.5 Fotokatalisis $\text{TiO}_2$

Titanium dioksida atau lebih dikenal dengan Titania, yang secara alami merupakan oksida dari titanium. Beberapa keunggulan yang dimiliki Titania, diantaranya memiliki sifat optik yang baik, tidak beracun, harganya murah, memiliki aktifitas fotokatalis yang baik (Smith dkk, 2010).  $\text{TiO}_2$  adalah fotokatalisis paling cocok untuk mengatasi pencemaran air limbah karena bersifat inert secara kimia maupun biologi, biaya relatif murah, dan tidak beracun di lingkungan (Behpour dkk, 2010).

Fotokatalisis dengan Titanium dioksida didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang didasarkan pada pembentukan pasangan *electron-hole* ( $e^-/h^+$ ). Pada permukaan  $\text{TiO}_2$  dapat dijelaskan sebagai berikut, jika suatu semikonduktor dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi ( $vb$ ) akan pindah ke pita konduksi ( $cb$ ), dan meninggalkan lubang positif ( $h^+$ ) pada pita valensi, proses ini disebut eksitasi. Sebagian besar ( $e^-/h^+$ ) ini akan berkombinasi kembali, baik dipermukaan ataupun didalam *bulk* partikel, proses ini disebut de-eksitasi. Sedangkan sebagian lain dari ( $e^-/h^+$ ) dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya ( $h^+$ ) dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan di lain pihak ( $e^-$ ) akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor (Suheryanto, 2012).

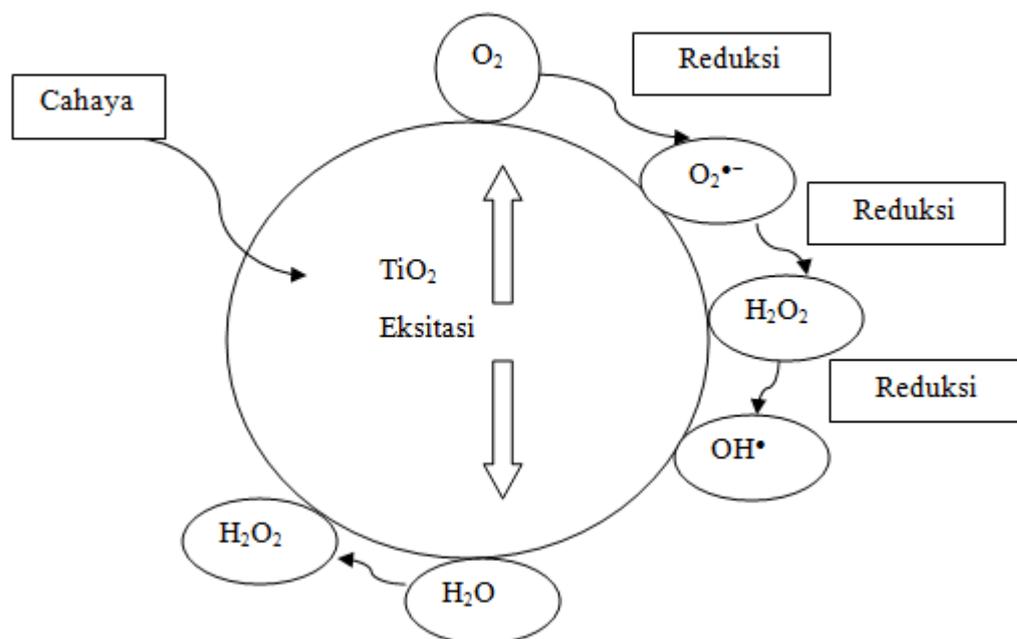
Pada awal perkembangannya,  $\text{TiO}_2$  digunakan sebagai fotokatalisis yang mempunyai kelemahan dalam hal pemisahan katalis setelah proses degradasi dan daya adsorpsi katalis terhadap limbah.  $\text{TiO}_2$  sering digunakan untuk fotoreduksi ion logam dan fotooksidasi atau fotodegradasi senyawa organik karena penanganannya mudah dan tidak toksik di lingkungan (Behpour dkk, 2010).  $\text{TiO}_2$  mempunyai struktur semi konduktor yang dapat menyediakan elektron setelah disinari dengan energi yang sesuai.

Fotokatalisis jika disinari dengan panjang gelombang antara 100-400 nm elektron akan teraktivasi dari pita valensi menuju pita konduksi sehingga menyebabkan terbentuknya *hole* (muatan positif) pada pita valensi berinteraksi dengan H<sub>2</sub>O membentuk radikal OH yang bersifat sebagai oksidator kuat sehingga akan mendegradasi senyawa organik dan elektron pada pita konduksi (muatan negatif) yang berguna untuk mereduksi senyawa organik (Perdana, dkk., 2014).

TiO<sub>2</sub> mempunyai 3 (tiga) jenis bentuk kristal, diantaranya : rutil, anatase, dan brookite ketiganya diaplikasikan dari mulai cat, *sunscreen* sampai pewarna makanan (P.Sivakumar dkk, 2015). Menurut Rahman, (2014) diantara ketiganya, umumnya TiO<sub>2</sub> berada dalam bentuk rutil dan anatase yang keduanya berstruktur tetragonal yang secara termodinamika anatase lebih stabil dari pada *rutil*. Sedangkan menurut Miyake, (2015) TiO<sub>2</sub> dalam bentuk anatase adalah Titanium yang paling baik digunakan sebagai fotokatalisis UV, karena hanya dapat menyerap sinar UV yang kelimpahannya sedikit di alam.

Oleh karena itu, memerlukan suatu usaha untuk mengoptimalkan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalisis dalam pengolahan limbah yang membutuhkan energi yang cukup tinggi ini, selain berpotensi sebagai fotokatalisis TiO<sub>2</sub> juga berfungsi dalam sel surya, *sun block* (kosmetik), pewarna makanan, pemutih gigi, sensor gas, alat optik, aditif dalam berbagai aplikasi, adsorben, dan sebagainya (Dastan dkk, 2014).

TiO<sub>2</sub> semikonduktor telah banyak dimanfaatkan sebagai fotokatalisis untuk menginduksi berbagai reaksi reduksi dan oksidasi pada permukaannya. Hal ini dapat terjadi karena adanya elektron tunggal pada orbital terluar TiO<sub>2</sub> untuk aplikasinya, peningkatan efisiensi fotokatalisis dan penambahan panjang gelombang efektif dari sinar radiasi tentu diperlukan. Oleh karena itulah, sangat penting untuk memahami tahap primer dari reaksi fotokatalisis untuk dapat mengembangkan fotokatalisis terkemuka (Pichat, 2013)



Gambar 2.5.1 Tahap reduksi oksigen menjadi OH radikal dan tahap oskidasi dua elektron air menjadi hidrogen peroksida (Pichat 2013)

Reaksi fotokatalisis biasanya menggunakan oksigen pada udara, maka reaksi reduksi oksigen merupakan proses yang penting dalam reduksi fotokatalisis. Disisi lain, permukaan  $\text{TiO}_2$  biasanya dipenuhi air yang teradsorb, sebab katalis ini memang bias digunakan untuk mengolah air limbah. Saat ini energy foton lebih besar atau sama dengan energi celah pita dari  $\text{TiO}_2$  diterangkan pada permukaannya, biasanya 3,2 eV (anatase) atau 3,0 eV (rutil), elektron tunggal akan terfoto eksitasi kepita konduksi kosong di *femtosecond* (Pichat, 2013).

Sejauh ini,  $\text{TiO}_2$  sering digunakan sebagai fotokatalisis pada reaksi degradasi polutan organik, seperti zat warna, pestisida, senyawa fenolik, dan asam-asam karboksilat seperti asam oksalat serta asam malat (Ruhayatun, 2007). Fotodegradasi senyawa organik dapat terjadi karena penyaringan oleh radikal OH yang dihasilkan oleh  $\text{TiO}_2$  dalam sistem reaksi. Secara umum hasil penelitian tersebut yang menunjukkan bahwa metode ini sangat efektif untuk mengoksidasi dan mentodoksi polutan-polutan organik tersebut.

Fotoreduksi adalah metode yang menggabungkan sinar UV dengan partikel semikonduktor sebagai fotokatalisis, dalam hal ini menggunakan  $\text{TiO}_2$ .air dan  $\text{TiO}_2$  dapat menyediakan elektron setelah disinari dengan energi yang sesuai, dan pada saat bersamaan menghasilkan *hole* yang mampu bereaksi dengan air pada permukaan fotokatalisis menghasilkan radikal OH. Elektron yang terbentuk akan ditangkap dan digunakan untuk proses fotoreduksi sedangkan radikal OH

yang dihasilkan digunakan untuk fotodegradasi. Seperti penelitian yang telah dilaporkan oleh (Dalmazio *et al.* 2008), ( Yanget *al* , 2008) dan (Zhang *et al*, 2008) keuntungan dari proses fotokatalisis adalah hanya memerlukan cahaya ultraviolet dan fotokatalisis yang harganya murah dan tidak toksik terhadap lingkungan sehingga metode ini efektif dan aman. Melalui penelitian ini diharapkan limbah cair tahu dapat diolah dengan baik dan dihilangkan melalui metode fotokatalisis, sehingga dapat memberikan kontribusi dalam solusi pengolahan limbah yang murah dan aman bagi lingkungan.

## 2.6 Arang

Menurut Pari, (2007) arang adalah produk hasil proses karbonisasi atau dekomposisi kayu pada suhu tinggi dengan keadaan tanpa oksigen atau oksigen terbatas. Karbonisasi merupakan proses pembakaran biomassa menggunakan alat pirolisis dengan oksigen terbatas (Compete, 2009 dalam Rahan 2011). Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang adalah semua bahan yang mengandung karbon seperti kayu, daun, tulang, serkam, tempurung kelapa, tempurung biji kemiri, dan tempurung biji-bijian lain nya. Arang yang dihasilkan selain digunakan sebagai sumber energi, dapat juga digunakan sebagai bahan baku penghasil adsorben berupa arang aktif (Pari, 2007).

Pada proses karbonisasi atau pengarangan terjadi beberapa perubahan komponen kimia yang terjadi pada suhu 200-1000°C. perubahan yang cukup signifikan terjadi pada suhu 200-500°C. Reaksi pada proses karbonisasi adalah eksotermis yaitu jumlah panas yang dikeluarkan lebih besar dari pada yang diperlukan. Reaksi eksotermis ini terlihat nyata pada suhu 300-400°C, dimana meningkat dengan cepat meskipun jumlah panas yang diberikan tetap (Pari, 2007).

Menurut (Sudrajat *et al* , 2011) proses karbonisasi dibagi menjadi 4 (empat) tahap yaitu sebagai berikut :

1. Pada permulaan terjadi pemanasan kayu dimana komponen air menguap, kemudian terjadi penguraian selulosa sehingga suhu 260°C. Destilat yang terjadi sebagian besar mengandung komponen asam dan sedikit methanol.
2. Pada suhu 260-310°C, sebagian besar selulosa terurai secara intensif. Pada tingkatan ini banyak dihasilkan ligneous, gas, dan sedikit ter.
3. Pada suhu 310-500°C, lignin terurai dan dihasilkan lebih banyak ter, sedangkan piroligneous, ligneous, dan gas menurun. Ter tersebut sebagian besar berasal dari pemurnian lignin. Dengan meningkatnya suhu dan

lamanya waktu, maka gas  $\text{CO}_2$  semakin berkurang, sedangkan gas  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{N}_2$  semakin bertambah.

4. Pada suhu  $500\text{-}1000^\circ\text{C}$  diperoleh gas kayu yang tidak dapat diembunkan, terutama terdiri dari gas hidrogen. Tahap ini merupakan proses pemurnian arang.

Hampir 80% unsur karbon diperoleh pada pemanasan  $400\text{-}600^\circ\text{C}$ . Selama proses karbonisasi, bahan sumber karbon mengalami fragmentasi yang akhirnya membentuk struktur heksagonal awal yang termostabil (Pari, 2007). Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan pada proses karbonisasi atau pirilisis adalah bahan baku (jenis biomassa, ukuran, kadar air, permeabilitas, dan kapasitas panas), suhu, dan laju pemanasan, sertasumber energi panas dan jenis tungku yang digunakan.

## 2.7 Arang Aktif

Arang aktif adalah arang yang memiliki permukaan area yang tinggi yang digunakan oleh berbagai industri pada proses pemurnian cairan atau gas, menghilangkan senyawa beracun, dan juga sebagai katalis (Fuente et al., 2001 dalam Kunbin et al., 2010). Arang aktif memiliki permukaan luas volume pori, ukuran pori yang tersebar di permukaan arang aktif. Arang aktif adalah arang yang diproses lebih lanjut sehingga pori-porinya terbuka dan luas permukaan bertambah dengan kadar karbon dan keaktifan yang bervariasi tergantung pada suhu aktivasi dan lamanya waktu aktivasi yang diberikan (Pari, 2007).

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Yang dimaksud dengan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul- molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. (Ajayi dan Olawale, 2009)

Proses yang melibatkan oksidasi selektif dari bahan baku dengan udara, juga digunakan baik untuk pembuatan arang aktif sebagai pemucat maupun sebagai penyerap uap. Bahan baku dikarbonisasi pada temperatur  $400\text{-}500^\circ\text{C}$  untuk mengeleminasi zat-zat yang mudah menguap. Kemudian dioksidasi dengan gas pada  $800\text{-}1000^\circ\text{C}$  untuk mengembangkan pori dan luas permukaan (Ami Cobb, 2012).

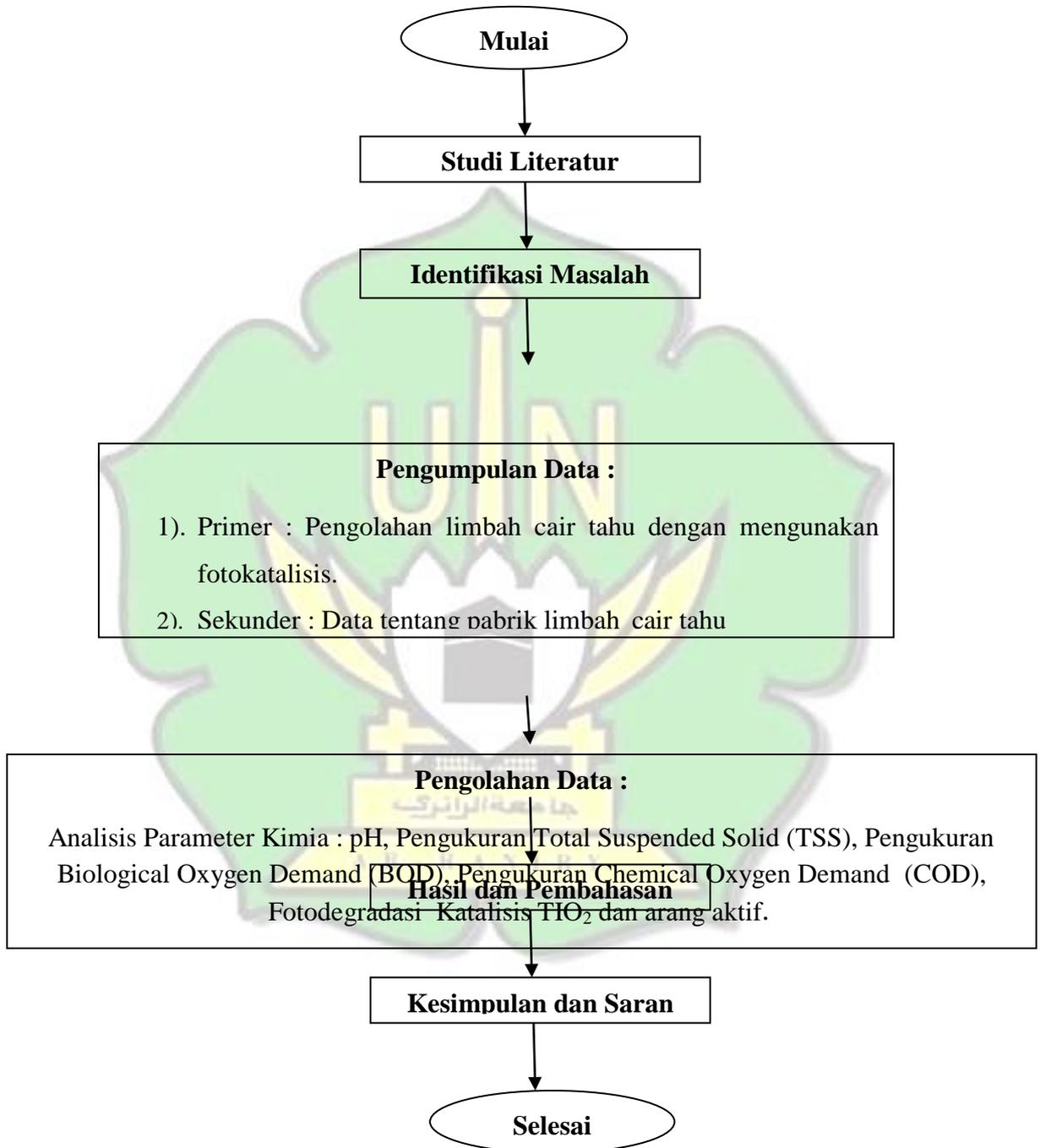
Berdasarkan penelitian yang dilakukam oleh Basuki pada tahun 2008, arang aktif adalah media adsorpsi yang dapat disisipkan pada katalis  $\text{TiO}_2$  karena dapat menangkap dan mengadsorpsi partikel-partikel yang sangat halus serta bersifat non-toksik, mudah dibuat dan didapatkan juga ekonomis. Arang aktif dapat meningkatkan aktifitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$  dengan memperluas permukaan dari  $\text{TiO}_2$  dari hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy*, arang aktif dapat mencegah penggumpalan antara partikel-partikel  $\text{TiO}_2$ .

Andayani, (2006) telah meneliti kombinasi katalis  $\text{TiO}_2$ -arang aktif yang disintesa dengan proses sol-gel dan dimobilisasi pada pelat titanium, katalis dibuat dengan berbagai rasio  $\text{TiO}_2$ -arang aktif dan terbukti arang aktif mampu meningkatkan aktivitas katalik dari  $\text{TiO}_2$ . Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan kombinasi antara fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif yang dapat mendegradasi siprofloksasin sehingga tidak toksik dilingkungan karena  $\text{TiO}_2$  mempunyai struktur semikonduktor (Septiani dkk, 2015).



**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Tahapan Penelitian**



### 3.1.1 Tempat Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair tahu pada home industri tahu mandiri di Lampaseh Aceh, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu

Sumber: Citra Bing Satellite

Penelitian dilakukan di laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

### 3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada Juni 2022, mulai dari pengambilan sampel limbah cair tahu, pengukuran parameter, dan analisis data.

### 3.2 Sampling Air Limbah

Sampel air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu. Metode pengambilan sampel air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 6989.59:2008), yaitu *grab sample*.

Lokasi pengambilan sampel air limbah berada pada satu lokasi tertentu yaitu pada kolam limbah hasil dari pengolahan tahu. Pengambilan sampel limbah cair tahu dilakukan dengan menggunakan wadah sampel, kemudian dilakukan uji analisis di laboratorium.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Reaktor fotokatalisis, pH meter Type HI 9813-5, Turbidimeter TU 2016, COD Inkubator (Hanna), COD Meter 571, pompa vakum, oven, timbangan analitik, magnetik stirer, beaker glass ukuran 1000 ml, pipet volume, spatula, sarung tangan kain, serbet/tisu, gunting, label nama, gayung panjang, penjepit kayu, jerigen.

#### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: sampel limbah cair tahu, katalisis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif, aquades, larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_7$ , kertas saring Whatman No. 42.

### 3.4 Penentuan Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi hasil dari penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini yaitu perbandingan variasi waktu dari arang aktif,  $\text{TiO}_2$ .

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau dapat berubah yang disebabkan oleh variabel bebas. Adapun, variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter dari limbah cair tahu, yaitu : pH, BOD, COD,dan TSS.

### 3.5 Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Proses Penyinaran $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif

Proses penyinaran katalis  $\text{TiO}_2$  dilakukan dengan sistem batch dalam reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu dan plat pengaduk magnetik. Proses penyinaran dilakukan dengan cara menyinari campuran yang terdiri dari limbah cair tahu yang didapat dari *home industry* mandiri, sebanyak 1 liter dan

ditambahkan  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.



### 3.6 Pengukuran Parameter

#### 3.6.1 Pengukuran pH

Pengukuran nilai pH menggunakan alat pH meter type HI 9813-5 yang merujuk pada SNI 06-6989.11-2004, cara kerjanya yaitu:

##### Persiapan Kalibrasi alat pH meter

1. Direndam elektroda dalam larutan penyangga pH 7,0, dan diaduk perlahan elektroda, atur alat sehingga skala pH menunjukkan pH 7,0.
2. Diulangi prosedur dengan merendam elektroda dalam larutan penyangga pH 7,0.
3. Ditunggu sekitar satu menit, sampai didapatkan larutan penyangga yang sesuai dengan suhu pengukuran.

##### Pengujian pH

1. Dilepaskan tutup pelindung elektroda pH meter.
2. Dibilas elektroda dengan air aquades atau air suling lalu dikeringkan dengan menggunakan tisu.

3. Dihidupkan alat dengan menekan tombol “ON-OFF” pada bagian alat pH meter.
4. Dichelupkan elektroda ke dalam gelas beker yang berisi sampel limbah cair tahu sampai tanda batas di dalam larutan sampel, tunggu sampai pembacaannya stabil.
5. Diulangi tahap 2-4 pada gelas beaker kedua sampai kedua belas.
6. Dicatat hasil pengukuran yaitu angka pada tampilan alat pH meter.
7. Setelah selesai digunakan, matikan alat. Gunakan air aquades untuk membersihkan elektroda dan keringkan elektroda dengan kertas tisu. Lalu tuangkan aquadesh kedalam tutup pelindung, dan langsung ditutupbersamaan dengan aquadeshnya dengan tutup pelindung.

### 3.6.2 Pengukuran Turbiditas

Kekeruhan dapat diukur dengan menggunakan alat turbidimeter. Satuan dari nilai kekeruhan adalah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) sesuai dengan SNI 06-6989.25-2005 cara Uji kekeruhan dengan *Nefolometer*. Pengukuran kekeruhan menggunakan Turbidimeter TU-2016 cara pakai alatnya adalah :

#### **Kalibrasi Alat**

1. Keluarkan kedua botol kalibrasi, buka tutupnya untuk membedakan 0 NTU dan 100 NTU 2. Tekan Powen ON, dimasukkan botol kalibrasi yang 0 NTU ke dalam alat turbidimeter, sejajarkan tanda putih yang ada pada botol dengan tanda putih pada alat, masukkan tekan pelan-pelan dan di tutup.
2. Tekan test/call, tahan sampai muncul angka 000 pada layar monitor
3. Ditekan test/cal sekali lagi sampai muncul angka 100 pada layar monitor
4. Selanjutnya dikeluarkan botol 0 NTU, diganti dengan botol 100 NTU, disejajarkan tanda putih, tekan pelan-pelan dan tutup alat turbidimeter
5. Tekan test/call sampai muncul 00, kemudian tekan sekali lagi test/call dengan sedikit dipendam sampai muncul angka 000
6. Kemudian tekan Hold 2 kali sampai muncul tulisan Clr, jika sudah muncul Clr, maka alat sudah siap untuk dipakai menguji sampel

#### **Pengujian Kekeruhan Sampel Limbah Cair Tahu**

1. Dibersihkan botol/ wadah sampel sampai kering, masukkan kedalam alat turbidimeter
2. Ditekan Test, dan hasil kekeruhanya akan muncul di layar monitor
3. Dicatat hasil turbiditasnya

### **3.6.3 Pengukuran TSS (Total Suspended Solid)**

#### **Persiapan kertas saring**

Pengujian TSS merujuk pada SNI 06-6989.3-2004

1. Di potong kertas saring kosong dengan diameter 47 mm dan beratnya 0,24 gram,
2. Masukkan kertas saring ke alat vakum, bilas kertas saring dengan aquades sebanyak 20 ml, selama 2 menit
3. Setelah 2 menit, dipindahkan kertas saring ke dalam oven untuk dipanaskan pada suhu 103-105<sup>o</sup> C selama 1 jam
4. Setelah 1 jam dioven, didinginkan selama 30 menit didalam desikator yang berisi silika gel selama 15 menit
5. Ditimbang lagi kertas saring setelah didinginkan, dan dicatat berat timbangan setelah dioven.

#### **Pengujian sampel**

1. Diambil kertas saring yang sudah ditimbang, dimasukkan ke dalam alat vakum, 29
2. Dibilas lagi kertas saring dengan aquadest 30 ml selama 2 menit, selagi menunggu kertas saring yang sedang dibilas, sampel dihomogenkan dengan menggunakan magnetic stirer,
3. Setelah dibilas kertas saring dengan aquades, dimasukkan sampel sebanyak 80 ml kedalam vakum,
4. Setelah divakum selama 3 menit, diambil kertas saring yang sudah ada residunya, di masukkan ke dalam oven, dan di oven pada suhu 103-105<sup>o</sup> C selama 1 jam
5. Diambil kertas saring dari oven, dimasukkan kedalam desikator yang berisi silika gel untuk didinginkan

6. Setelah di dinginkan, ditimbang kertas saring yang berisi residu kering, dan dicatat hasil *Total Suspended Solid*(TSS)

### 3.6.4 Pengukuran COD (Chemical Oxygen Demand)

Proses penentuan COD adalah dengan merujuk pada SNI 6989.2-2009, cara kerjanya :

#### Persiapan Sampel

1. Dimasukkan sampel limbah cair tahu sebanyak 2,5 ml kedalam tabung reaksi, dan disusun kedalam rak tabung reaksi dengan diberi label nama sesuai dengan dosis yang diberikan
2. Ditambahkan larutan  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 1,5 ml dengan menggunakan pipet volume
3. Ditambahkan lagi  $H_2SO_4$  sebanyak 3,5 dengan menggunakan pipet volume, kemudian ditutup

#### Proses COD Inkubator

1. Diambil COD reaktor merek Hanna, disambungkan stop kontak, tekan tombol start, dan ditunggu sampai  $150^\circ C$  sampai inkubator mengeluarkan bunyi 30
2. Dimasukkan tabung reaksi yang berisikan sampel yang sudah disiapkan tadi kedalam inkubator
3. Ditekan tombol start, maka timer akan berjalan, ditunggu selama 2 jam hingga inkubator akan berbunyi lagi
4. Diangkat tabung reaksi tadi dan didinginkan sampai  $60^\circ C$ , sampel siap untuk diuji

#### Pengujian COD

1. Dinyalakan alat COD Meter 571, dilakukan kalibrasi alat dengan cara dimasukkan aquades kedalam tabung cell, dan dimasukkan kedalam alat COD Meter sampai muncul angka 0,0 mg/L, jika sudah maka alat sudah dikalibrasi dan siap untuk digunakan.

2. Dihomogenkan sampel terlebih dahulu, lalu sampel dituangkan kedalam tabung cell, dan dimasukkan kedalam alat COD Meter.
3. Ditekan mencure, lalu tekan Enter, maka akan muncul nilai COD dan dicatat hasilnya.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

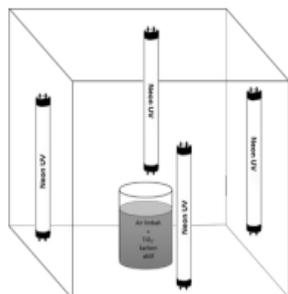
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi senyawa arang aktif terhadap efektivitas fotodegradasi limbah cair tahu menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Proses fotodegradasi limbah cair tahu dilakukan dengan menyinari limbah cair tahu serta serbuk fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif menggunakan lampu sinar UV disertai dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* didalam sebuah reactor tertutup. Lampu UV ini berfungsi sebagai sumber energi foton yang akan mengaktivasi  $\text{TiO}_2$  sehingga reaksi fotokatalis dapat berlangsung, sedangkan pengaduk magnet digunakan untuk mencampurkan semua reaktan secara merata sehingga proses fotodegradasi limbah cair tahu berlangsung efektif.

#### 4.1 Fotokatalisis Limbah Cair Tahu

Pengujian reaksi fotokatalis dilakukan pada reaktor *batch* dengan sistem tertutup yang terdiri atas *box* dengan ukuran 40 cm x 40 cm x 40 cm x 40 cm yang dilengkapi dengan lampu UV dengan daya masing – masing 10 watt. Lampu UV diletakkan pada bagian tepi *box* dengan jarak antara lampu UV dan beaker glass berisi sampel adalah 10 cm.

Dalam reaktor *batch* ini, energi yang dihasilkan sebesar 3,39 eV yang dapat mengaktifkan *Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) sehingga dapat bekerja dalam proses fotokatalisis. Kecepatan pengadukan sebesar 1200 rpm. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul kearah limbah cair tahu (Suhendra, 2011). Beaker glass 1000 mL dijadikan sebagai wadah untuk limbah cair tahu yang diaduk dengan *magnetic stirrer*. Kemudian, katalis  $\text{TiO}_2$  dapat bekerja dalam proses fotokatalis pada suhu kamar dengan bantuan sinar UV sambil diaduk. Adapun reaktor fotokatalisis dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Reaktor Fotokatalisis



(a). Reaktor fotokatalisis (skema) (b) Reaktor fotokatalisis (tampak atas)

## 4.2 Hasil Eksperimen

Hasil pengujian sampel Air Limbah Cair Tahu dengan parameter Kekeruhan, pH, TSS, dan COD sebelum dilakukan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan hasil perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil dan Pengujian parameter limbah cair tahu sebelum dilakukan perlakuan

No	Parameter	Hasil Pengujian Awal	Baku Mutu
1	Kekeruhan (NTU)	469	
2	pH	3,0	6-9
3	TSS (mg/L)	52	30
4	COD (mg/L)	577	100

\* (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah industri)

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Kekeruhan, pH, TSS, dan COD (dalam penambahan katalis  $\text{TiO}_2$ )

No	Dosis (g/L)	Durasi Penyinaran	Kekeruhan (NTU)	pH	TSS (mg/L)	COD (mg/L)
1	Awal		469	3.0	52	577
2	1	30 Menit	296	6.7	37	330
3	1	60 Menit	255	6.9	21	299,2
4	1	90 Menit	257	7.0	45	284

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter Kekeruhan, pH, TSS, dan COD (dalam penambahan TiO<sub>2</sub> - arang aktif)

Dosis TiO <sub>2</sub> (g/L)	Dosis Arang Aktif (g/L)	Durasi Penyinaran	Kekeruhan (NTU)	pH	TSS (mg/L)	COD (mg/L)
awal			469	3.0	52	577
1	1	30 Menit	289	6.8	55	315.1
1	1	60 Menit	147	7.0	121	299,2
1	1	90 Menit	203	6.9	80	284

Tabel 4.1 Hasil eksperimen pengujian limbah cair tahu yang berada di Kota Lampaseh, Kecamatan Kuta Raja, Kab. Banda Aceh yang sudah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah industri salah satunya parameter COD yaitu 577 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) belum memenuhi syarat baku mutu, serta parameter kekeruhan tidak termasuk parameter dalam peraturan, tetapi dilakukannya pengukuran parameter kekeruhan untuk melihat kemampuan fotokatalisis dalam penurunan kadar kekeruhan.

Tabel 4.2 hasil eksperimen berdasarkan data yang disajikan pada tabel tersebut mengalami perubahan sebelum pemberian perlakuan serta pemberian katalisis dan penyinaran. Hasil pengukuran kadar kekeruhan terjadi penurunan yang signifikan setelah perlakuan pada jartest dan penambahan katalis yaitu 147 NTU dari nilai awalnya, pada hasil pengujian pH (derajat keasaman) nilai awal limbah cair tahu belum memenuhi standar baku mutu sampai penambahan katalis sehingga berada di pH netral (7-9), pengujian penurunan nilai TSS terbaik berada pada penambahan katalis TiO<sub>2</sub> dalam durasi waktu 60 menit mampu menurunkan TSS sebanyak 21 mg/L, dan untuk penyisihan kadar COD optimum berapa pada penambahan katalis TiO<sub>2</sub> mampu menurunkan nilai COD dari 377 mg/l menjadi 274 mg/L meskipun belum memenuhi syarat baku mutu.

### 4.3 Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub>, Arang Aktif, dan Durasi Penyinaran Menggunakan Lampu UV Terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan Pada Limbah Cair Tahu

Pada penelitian ini tingkat kekeruhan yang diakibatkan oleh limbah cair tahu dapat diolah dengan menggunakan metode fotokatalisis dengan menggunakan katalis TiO<sub>2</sub> dan arang aktif. Berikut hasil penelitian dari kemampuan penambahan katalisis TiO<sub>2</sub> dan penambahan TiO<sub>2</sub>-arang aktif dapat dilihat melalui pengaruhnya dalam penurunan kadar kekeruhan setelah dilakukan proses penyinaran lampu UV dalam satu reaktor dengan durasi yang berbeda-beda, pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan pada Limbah Cair Tahu di Kota Lampaseh.

No	Durasi penyinaran	Dosis $\text{TiO}_2$ (g/L)	Turbiditas (NTU)	
			Nilai Awal	Nilai akhir
1	30 Menit	1	469	296
2	60 Menit	1		255
3	90 Menit	1		257

Tabel 4.5 Pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  – arang aktif terhadap penurunan kadar kekeruhan pada limbah cair tahu di Kota Lampaseh.

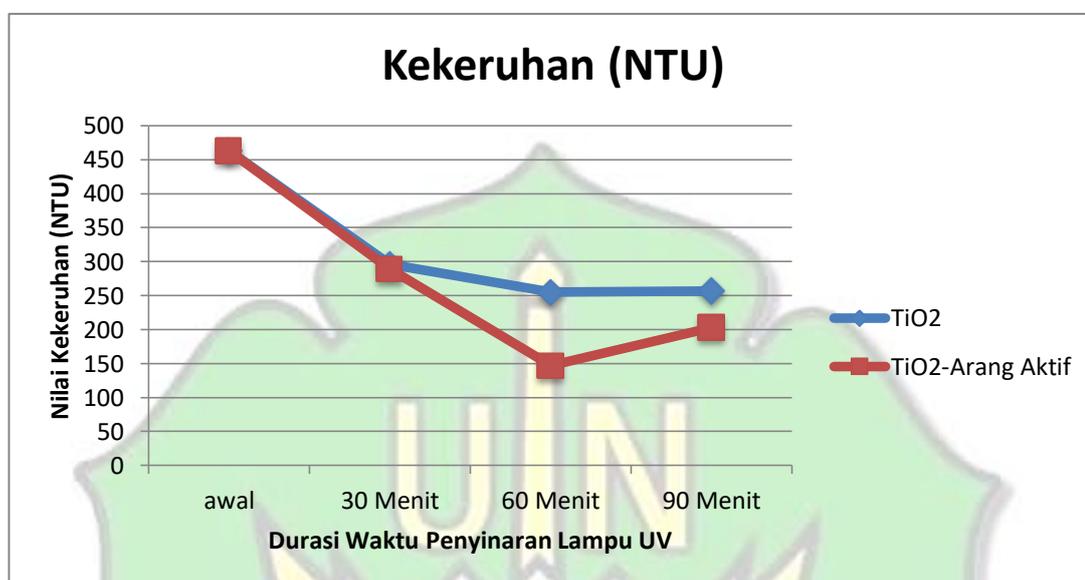
No	Durasi Penyinaran	Dosis (g/L)		Turbiditas (NTU)	
		$\text{TiO}_2$	Arang Aktif	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	1	469	289
2	60 Menit	1	1		147
3	90 Menit	1	1		203

Berdasarkan pada pengujian di laboratorium terlihat hasil pada tabel 4.1 yang mana nilai awal kekeruhan pada limbah cair tahu di Kota Lampaseh adalah 469 NTU, namun setelah dilakukan penyinaran dan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -arang aktif terjadinya penurunan yaitu 296 dan 289 NTU, hal ini disebabkan karena adanya proses penyinaran dan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -arang aktif. Penyinaran dengan lampu UV bertujuan untuk mengaktivasi dari pita valensi menuju pita konduksi sehingga menyebabkan terbentuknya *hole* (muatan positif) pada pita valensi berinteraksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  membentuk radikal OH yang bersifat sebagai oksidator kuat sehingga akan mendegradasi senyawa organik dan elektron pada pita konduksi (muatan negatif) yang berguna untuk mereduksi senyawa anorganik (Perdana dkk., 2014).

Selanjutnya pada penambahan dosis  $\text{TiO}_2$  sebanyak 1 gram dengan durasi penyinaran selama 30 menit terjadinya penurunan nilai kekeruhan menjadi 296 NTU, dan juga penambahan dosis  $\text{TiO}_2$ -arang aktif (1 gram:1gram) dengan durasi penyinaran selama 30 menit menjadi 289 NTU. Ada perbedaan nilai penurunan kadar kekeruhan dengan menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -arang aktif, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Basuki pada tahun 2008, arang aktif adalah media adsorpsi yang dapat disisipkan pada katalis  $\text{TiO}_2$  karena dapat menangkap dan mengadsorpsi partikel-partikel yang sangat halus serta bersifat non-toksik, serta arang aktif dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$

dengan memperluas permukaan dari  $\text{TiO}_2$ , dan juga arang aktif dapat mencegah penggumpalan antara partikel-partikel  $\text{TiO}_2$ .

Berikut adalah penyisihan kadar kekeruhan dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ , dan penambahan  $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif dengan durasi waktu lama penyinaran yang berbeda-beda dan lamanya pengendapan selama 120 menit dapat dilihat pada gambar 4.3



**Gambar 4.3** Pengaruh Penambahan  $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif, dan Durasi Penyinaran Menggunakan Lampu UV Terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan Pada Limbah Cair Tahu

Berdasarkan gambar, seiring dengan penambahan katalis dan lamanya durasi penyinaran menggunakan lampu UV membuat kadar kekeruhan semakin menurun karena katalis  $\text{TiO}_2$ -arang aktif saling bekerja sama dalam mengikat partikel-partikel, akan tetapi pada durasi waktu penyinaran 90 menit kekeruhan kembali tinggi, hal ini juga disebabkan dosis katalis tidak larut atau mengendap dengan baik. Proses penyinaran yang terlalu lama juga menjadi salah satu faktor kenaikan kembali nilai kekeruhan karena terlalu lama dilakukan penyinaran mengakibatkan cahaya bertabrakan dengan fotokatalisis sehingga membuat flok flok kembali naik dan terjadi nya susah untuk pengendapan. Proses pengendapan dalam waktu yang singkat juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kekeruhan pada air limbah cair tahu. Penurunan parameter kekeruhan dapat berpengaruh pada waktu pengendapan, karena semakin lama waktu pengendapan yang diberikan maka semakin banyak endapan yang terbentuk. Parameter kekeruhan tidak termasuk parameter dalam peraturan, namun disini tetap dilakukan hanya untuk mengetahui berapa kadar kekeruhan yang dapat diendapkan oleh katalis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif.

#### 4.4 Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub>, Arang Aktif, dan Durasi Penyinaran Menggunakan Lampu UV Terhadap Penurunan pH Pada Limbah Cair Tahu

Faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air salah satunya adalah pH yang menunjukkan derajat keasaman dari air. Sebelum dilakukan reaksi fotokatalis, pH air limbah tahu dianalisa dan memiliki nilai sebesar 3.0. Nilai tersebut dibawah nilai ambang batas yang dipersyaratkan yaitu antara 6-9. Pengaruh komposisi katalis TiO<sub>2</sub>, arang aktif dan durasi penyinaran dipelajari pada penelitian ini.

**Tabel 4.6** Pengujian Parameter pH dengan penambahan katalis TiO<sub>2</sub> dan penyinaran lampu UV

No	Durasi Penyinaran	Dosis TiO <sub>2</sub> (g/L)	pH	
			Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	3.0	6.7
2	60 Menit	1		6.9
3	90 Menit	1		7.0

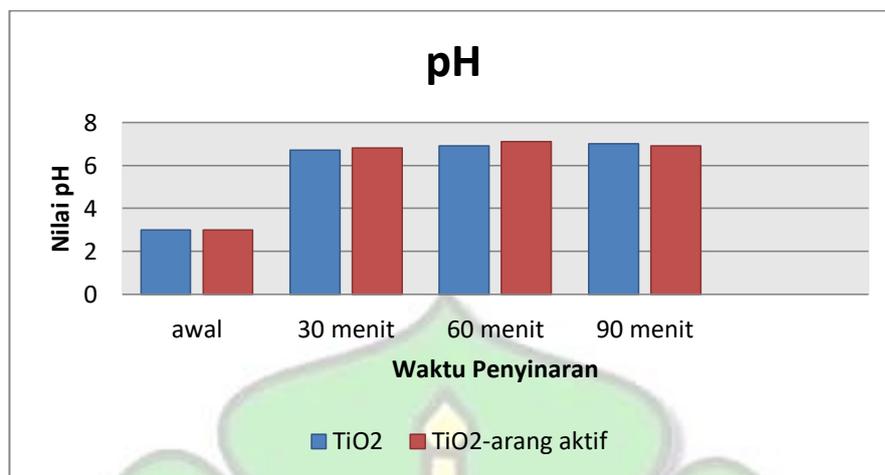
**Tabel 4.7** Pengujian Parameter pH dengan penambahan katalis TiO<sub>2</sub>-Arang Aktif dan penyinaran lampu UV

No	Durasi Penyinaran	Dosis (g/L)		pH	
		TiO <sub>2</sub>	Arang Aktif	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	1	3.0	6.8
2	60 Menit	1	1		7.0
3	90 Menit	1	1		6.9

Nilai pH limbah cair tahu yang diambil pada Industri Tahu Mandiri di Kota Lampaseh sebelum dilakukan perlakuan yaitu 3.0 (asam) belum memenuhi batas baku mutu. Menurut Effendi (2003) pH yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas didalam suatu badan air tersebut. Hal tersebut juga sudah dijelaskan oleh Solekha, R, *et al*, ( 2020 ), tingkat derajat pH (keasaman) untuk menyatakan tingkat keasaman dan kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan, secara umumnya nilai pH <7 menunjukkan tingkat keasaman, dan nilai pH >7 memiliki sifat basa, sedangkan jika memiliki nilai 7 maka nilai pH nya netral.

Pada tabel 4.6 dan 4.7 dapat dilihat bahwa nilai pH awal sebelum dilakukan penyinaran dengan lampu UV dan penambahan katalis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>-Arang Aktif belum memenuhi standar baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-

Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah industri. Setelah dilakukan perlakuan pada jarrest ada perubahan nilai pH yaitu berkisar diantara 6-9 (sudah netral) sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan.



Gambar 4.5 Pengaruh komposisi katalis TiO<sub>2</sub>, arang aktif dan waktu penyinaran terhadap nilai pH air limbah cair tahu

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengolahan air limbah melalui reaksi fotokatalisis pada dosis katalis dan waktu penyinaran. Nilai pH air limbah cenderung mengalami kenaikan dari kondisi awal sebanding dengan kandungan TiO<sub>2</sub> di dalam campuran katalis dan juga waktu penyinaran. Kenaikan nilai pH air limbah disebabkan oleh adanya reaksi fotodegradasi yang terjadi ketika proses fotokatalisis. Proses fotodegradasi diawali dengan loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga menghasilkan lubang (hole, h<sup>+</sup>) yang kemudian akan bereaksi dengan air menghasilkan radikal OH. Radikal tersebut merupakan pengoksidasi kuat, sementara bereaksi dengan oksigen membentuk superoksida dan bereaksi lebih lanjut dengan air menghasilkan OH yang akan mendegradasi senyawa organik menjadi senyawa yang ramah lingkungan seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Karbon dioksida larut dalam air dan membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Adanya kandungan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bikarbonat) dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (karbonat) menyebabkan naiknya nilai pH karena sifatnya yang asam. Pada penelitian ini dipelajari lama penyinaran terhadap nilai pH air limbah yang didapatkan. Semakin lama waktu penyinaran menyebabkan nilai pH cenderung semakin naik. Akan tetapi, pada waktu penyinaran 90 menit dengan menggunakan TiO<sub>2</sub> dan arang aktif, nilai pH sedikit mengalami penurunan dibandingkan dengan waktu penyinaran 60 menit. Penurunan aktivitas katalis TiO<sub>2</sub>/karbon aktif dapat disebabkan oleh jenuhnya sisi aktif dari katalis sehingga kemampuan katalis dalam menyediakan sisi aktif untuk reaksi fotokatalisis berkurang. Hasil kenaikan nilai pH terbaik terjadi pada kondisi lama penyinaran 60 menit. Hal ini ditunjukkan dengan nilai pH air limbah yang didapatkan yaitu mencapai 7. Nilai pH tersebut sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan yaitu 6-9.

Nilai pH memberikan pengaruh yang besar terhadap makhluk hidup yang ada diperairan seperti biota air dan tumbuh-tumbuhan, maka dari itu nilai pH menjadi salah satu parameter yang penting untuk diukur, karena jika suatu perairan memiliki pH yang tinggi (basa) atau pH yang rendah (asam) akan mengganggu kehidupan makhluk hidup yang ada didalam perairan.

#### 4.5 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif, dan Durasi Lama Penyinaran Menggunakan Lampu UV Terhadap Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Tahu

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk mengurai senyawa kimia yang terkandung di dalam perairan (Boyd, 1990). Metode pengukuran COD dapat ditentukan bahwasanya semua bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dengan bantuan oksidator, maka dapat dikatakan bahwa semakin tinggi jumlah COD yang dihasilkan maka semakin tinggi kadar oksigen terlarut untuk dioksidasi sehingga oksigen yang tersedia untuk dimanfaatkan oleh biota di perairan semakin rendah. Berikut pengaruh penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif serta dengan variasi durasi penyinaran lampu UV terhadap limbah cair tahu dapat dilihat pada tabel 4.8

**Tabel 4.8** Pengujian parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$

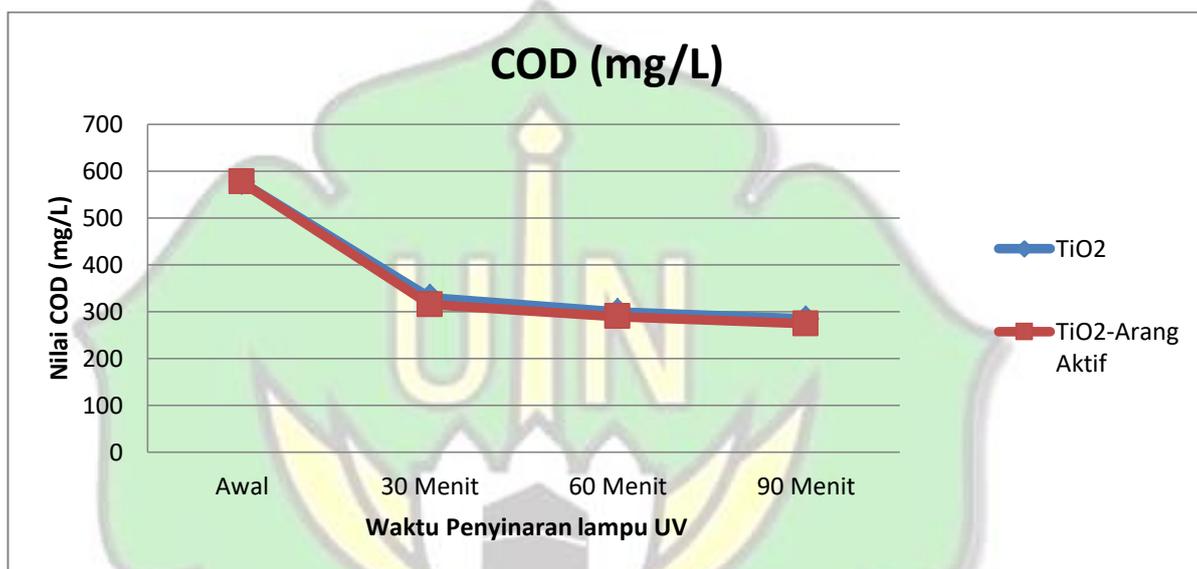
No	Durasi penyinaran	Dosis $\text{TiO}_2$ (g/L)	COD (mg/L)	
			Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	577	330
2	60 Menit	1		292,2
3	90 Menit	1		284

**Tabel 4.9** Pengujian parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$ -arang aktif

No	Durasi penyinaran	Dosis (g/L)		COD (mg/L)	
		$\text{TiO}_2$	Arang Aktif	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	1	577	315,1
2	60 Menit	1	1		289
3	90 Menit	1	1		274

Berdasarkan tabel 4.8 dan 4.9 dapat dilihat bahwa nilai awal COD sebelum perlakuan pada jarrest masih tinggi yaitu 577 mg/L dan sudah melebihi

ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah industri yaitu 100 mg/L. Setelah dilakukan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan dilakukan penyinaran selama 30 menit mengalami penurunan yaitu 330 mg/L dikarenakan terjadinya penambahan katalis dan penyinaran lampu UV didalam reaktor menyebabkan bertambahnya jumlah oksigen didalam air limbah sehingga nilai COD nya berkurang namun belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan. Penyisihan kadar COD dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif dengan durasi penyinaran Lampu UV yang berbeda dapat dilihat pada grafik gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif dengan durasi penyinaran Lampu UV

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan penambahan  $\text{TiO}_2$ -arang aktif terjadi penurunan kadar COD yaitu 330 dan 315 mg/L belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan, seiring dengan penambahan durasi waktu penyinaran sinar UV maka penurunan kadar COD semakin baik, meskipun hasilnya belum dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah industri oleh karena itu penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan penambahan  $\text{TiO}_2$ -Arang Aktif efektif dalam menurunkan kadar COD dalam durasi waktu penyinaran 60 menit dan 90 menit.

#### 4.6 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ , Arang Aktif, dan Durasi Penyinaran Menggunakan Lampu UV Terhadap Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Limbah Cair Tahu

Pola penurunan parameter kekeruhan dan TSS relatif sama. Hal ini menandakan bahwa apabila nilai kekeruhan menurun, maka nilai TSS juga turun. Tetapi ada pendapat berbeda oleh Kusumastanto, T, et al, (2001), bahwa perubahan atau naik turunnya kadar TSS tidak selalu diikuti oleh naik turunnya nilai turbiditas secara linier, dikarenakan bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan di dalam suatu perairan dapat terdiri dari berbagai macam bahan yang sifat dan beratnya berbeda. Limbah cair tahu yang sudah disaring akan terpisah dari gumpalan endapan yang terbentuk akibat perlakuan pada proses fotokatalisis, hasil penyisihan TSS awal memiliki berat residu 52 mg/L, namun saat perlakuan pada jarrest dan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  jumlah residu pada kertas saring menurun menjadi 37 mg/L akibat adanya proses pengendapan.

**Gambar 4.7** Berat kertas saring awal dan berat kertas saring limbah tahu sebelum perlakuan



(a) Kertas saring awal

(b) Kertas saring limbah tahu

Selanjutnya pengaruh penambahan katalis dan penyinaran lampu UV dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan 4.10 dimana dilakukan penyinaran dan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif serta pengendapan selama 120 menit.

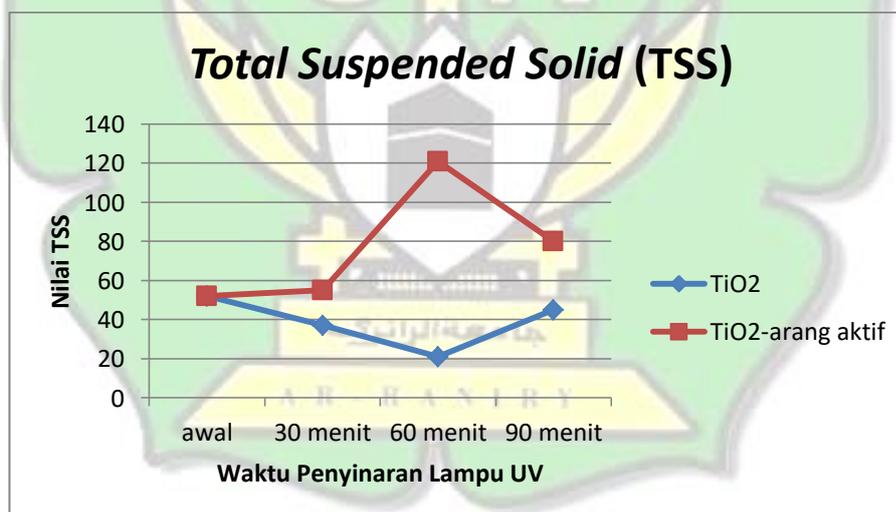
**Tabel 4.10** Pengujian parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$

No	Durasi penyinaran	Dosis $\text{TiO}_2$ (g/L)	TSS (mg/L)	
			Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	52	37
2	60 Menit	1		21
3	90 Menit	1		45

**Tabel 4.11** Pengujian parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dengan penambahan katalis TiO<sub>2</sub>-Arang Aktif

No	Durasi penyinaran	Dosis (g/L)		TSS (mg/L)	
		TiO <sub>2</sub>	Arang Aktif	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	30 Menit	1	1	52	55
2	60 Menit	1	1		121
3	90 Menit	1	1		80

Pada tabel 4.9 dapat dilihat bahwa hasil penyisihan TSS awal memiliki berat residu 52 mg/L, namun setelah diberi perlakuan dengan penambahan katalis TiO<sub>2</sub> jumlah residu pada kertas saring menurun yaitu 37 mg/L karena akibat adanya proses pengendapan. Berdasarkan Tabel 4.10 di atas dapat dilihat pada saat penambahan dosis TiO<sub>2</sub>-arang aktif kadar TSS naik mencapai 55 mg/L, hal ini disebabkan karena TiO<sub>2</sub>-arang aktif masih melayang dan belum mengendap sempurna, oleh karena itu ikut tersaring pada kertas saring dan menyebabkan residunya naik, hal ini juga dinyatakan pada penelitian Puerwanto, (2015) proses koagulasi sampel belum mencapai keadaan setimbang. Penyisihan kadar TSS dengan perbandingan TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>-arang aktif dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik penambahan katalis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>-Arang Aktif dengan durasi penyinaran Lampu UV dalam penyisihan TSS

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa dosis optimum penurunan TSS terdapat pada penambahan TiO<sub>2</sub> dalam durasi waktu penyinaran lampu UV selama 60 menit dengan pengendapan selama 120 menit dapat menyisihkan kadar TSS sebanyak 21 mg/L dengan persentase penurunan TSS sebesar 60% dan sudah layak dibuang ke lingkungan, serta sudah memenuhi syarat baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah industri yaitu 30 mg/L

tersebut efektif dalam menyisihkan kadar TSS. Akan tetapi pada saat penambahan katalis  $\text{TiO}_2$ -arang aktif dengan penyinaran selama 60 menit terjadinya kenaikan nilai TSS sebesar 121 mg/L. Menurut Kristijarti, (2003) partikel koloid dapat kembali menjadi naik karena penambahan yang berlebihan sehingga tidak adanya ruang untuk membentuk penghubung antar partikel. Hal ini juga ditegaskan oleh Coniwanti, (2013) bahwa penambahan dosis yang berlebihan dapat menyebabkan kejenuhan pada limbah sehingga menyebabkan arang melayangmelayang di dalam air dan bertindak sebagai pengotor. Jadi, pada penelitian ini arang aktif sangat berperan penting dalam penurunan kadar COD tapi pada penurunan parameter TSS arang aktif berperan sebagai *Suspendeed Solid* sehingga menyebabkan nilai TSS nya tinggi, oleh sebab itu perlu dilakukan pengujian *pretreatman* untuk mendegradasi TSS setelah itu baru dilakukan fotokatalisis dalam suatu reaktor sehingga arang aktif tidak menjadi toksik dalam penurunan kadar TSS.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang dilakukan dalam penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Arang aktif dapat dikombinasikan dengan katalis  $\text{TiO}_2$  dalam mendegradasi limbah cair tahu, tapi tidak efektif untuk parameter TSS.
2. Arang aktif efektif dalam menurunkan parameter pH, turbiditas, COD, tapi tidak dengan TSS.
3. Perlu dilakukan *pretreatment* seperti filtrasi terlebih dahulu agar dapat menurunkan TSS pada limbah sebelum dilakukan penyinaran.
4. Penurunan kadar kekeruhan optimum berada pada variasi waktu 60 menit dengan kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif.
5. Penyisihan kadar TSS yang baik berada pada penyinaran 60 menit dengan menggunakan katalisis  $\text{TiO}_2$ , karena pada parameter TSS arang aktif berperan sebagai *Suspendeed Solid*.
6. Penurunan kadar COD optimum diperoleh pada penyinaran 90 menit dengan kombinasi arang aktif dan  $\text{TiO}_2$  meskipun belum mencapai ambang baku mutu, tetapi ampuh dalam menurunkan kadar COD.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh beberapa saran untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan riset. Beberapa saran itu ialah :

1. Sebaiknya perlu dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu sebelum dilakukan metode fotokatalisis, agar hasilnya dalam menurunkan parameter agar dapat hasil yang lebih efektif.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan arang aktif dan  $\text{TiO}_2$  dan melakukan perbandingan dosis.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andayani, W. dan Agustin, S. (2006). Karakterisasi Katalis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif yang diimmobilisasi pada pelat titanium dan uji aktifitasnya sebagai fotokatalis, *Jurnal Kimia Indonesia*. 1(2): 54-58
- Basuki, K. T., Setiawan, B., Nurimaniwathy. (2008). Penurunan Konsentrasi CO Dan NO<sub>2</sub> Pada Emisi Gas Buang Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Yang Disisipi TiO<sub>2</sub>. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- Behpour, M., Ghoreishi, S. M., dan Razavi, F. S. (2010). *Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> / Ag Nanoparticle on Degradation of Water Pollutions. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 5. (2) : 467-475
- Bila, D. dan Denzotti, M. (2003). Pharmaceutical Drugs In The Environment. *Quimica Nova*. 26 : 523- 530.
- Chen, Daimei, Qian Zhu, Fengsan Zhou, Xutao Deng, Fatang Li, Synthesis and photocatalytic performances of the TiO<sub>2</sub> pillared montmorillonite: a article, *Elsivier, Journal of Hazardous Materials*, 2012, 235-236, 186–193.
- Dastan, Davoud, N. B. Chaure, Influence of Surfactants on TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Grown by Sol-Gel Technique: a article, *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 2014, 2(1), 21-24.
- Effendi, Hefni (2003). *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit : Kanisius. Yogyakarta
- Habib, Md Ahsan, Md Tusan Shahadat, Newaz Mohammed Bahadur, Iqbal M I Ismail, Abu Jafar Mahmood, Synthesis and characterization of ZnOTiO<sub>2</sub> nanocomposites and their application as photocatalysts: a article, *Open access, Springer, International Nano Letters*, 2013, 3(5), 1-8
- Herlambang, Arie. (2005). Penghilangan Bau Secara Biologi Dengan Biofilter Sintetik. *Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT. JAI Vol. 1, No. 1*
- Kaswinarni, F. (2007). *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. (Tesis)*. Semarang: Program Study Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro

- Miyake, Michihiro; Takayuki Mano; Shunsuke Nishimoto; Yoshikazu Kameshima, Water treatment efficacy of various metal oxide semiconductors for photocatalytic ozonation under UV and visible light irradiation. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 264, 221–229.
- Nugroho, I.A., (2011). Deposisi Lapisan Titania dan Pembuatan Sistem Pengolah Air Limbah Organik Menggunakan Material Fotokatalis Titania (TiO<sub>2</sub>), *Skripsi Fisika*, Undip Semarang.
- Pang, Suh Cem; Sze Yun Kho; Suk Fun Chin, Fabrication of Magnetite/Silica/Titania CoreShell Nanoparticles: a article, Hindawi Publishing Corporation, *Journal of Nanomaterials*, 2012, 1-6.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang baku Mutu Air Limbah Domestik
- Perdana, D. N., Wardhani, S., Khunur, M. (2014). Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Terhadap Degradasi Methylene Blue Dengan Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Kimia Student Journal*. 2 : 576-582.
- Riyani, K. Setyaningtyas, T. dan Dwiasih, D.W., 2012, Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Fotokatalisis TiO<sub>2</sub> Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari, *Jurnal Kimia*, Vol 2 no 5, Hal 581-587
- Riyani, K., Setyaningtyas, T., Andreas., R. (2008). Pengolahan Limbah Logam Berat Industri Tekstil Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> /Arang Aktif. *Molekul*. 3.(1) : 40 –47
- Septiani, U., Gustiana, M., Safni. (2015). Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif Dengan Metode Solid State. *J. Ris. Kim*. 9. (1) : 34-38.
- Setyawan D. 2003. Aktivitas Katalis Cr/Zeolit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton dalam *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 4 No. 2. FMIPA UNEJ, Jember
- Sivakumar, P. dan D.Sudha, Review on the photocatalytic activity of various composite catalysts. *Chemical Engineering and Processing*, 2015.
- SNI 6989 (2008). Air Dan Air Limbah Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah.
- SNI 06-6989.11-2004 Cara Uji Derajat Keasaman (Ph) Dengan Menggunakan Alat Ph Meter. *Jakarta (ID): BSN*.

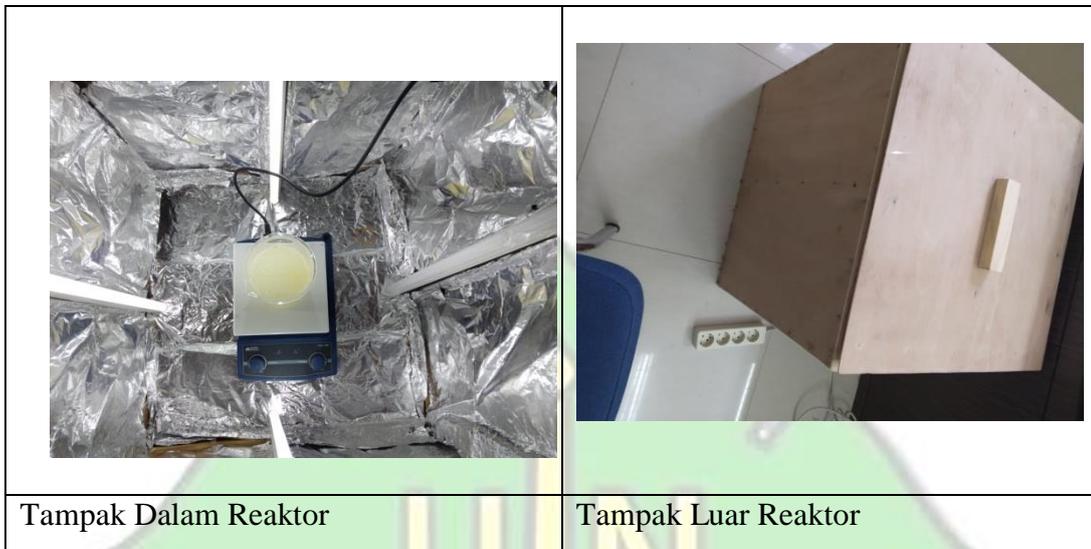
SNI 06-6989.3-2004 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri. *BSN, Jakarta.*

SNI 6989.2: 2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) Dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri.*

Smith, Wilson; Shun Mao; Ganhua Lu; Alexis Catlett; Junhong Chen; Yiping Zhao, The effect of Ag nanoparticle loading on the photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> nanorod arrays: a article, Elsevier, Chemical Physics Letters, 2010, 485, 171–175.

Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.



**LAMPIRAN****Lampiran 1. Gambar Reaktor****Lampiran 2. Pengujian Parameter Kekeruhan**

	
<p>Hasil pengujian setelah perlakuan menggunakan <math>\text{TiO}_2</math> dengan waktu pemaparan 90 menit</p>	<p>Hasil pengujian setelah perlakuan menggunakan <math>\text{TiO}_2</math> dan arang aktif dengan waktu pemaparan 90 menit</p>

### Lampiran 3. Pengujian pH

	
<p>Satu set alat pH Meter <i>Type HI 9813-5</i></p>	<p>Kalibrasi alat ukur pH ke dalam air kalibrasi hingga pH nya netral (7.0)</p>

	
<p>Nilai awal pH tanpa perlakuan</p>	<p>Hasil nilai pH setelah perlakuan menggunakan <math>\text{TiO}_2</math> dengan waktu pemaparan selama 30 menit.</p>

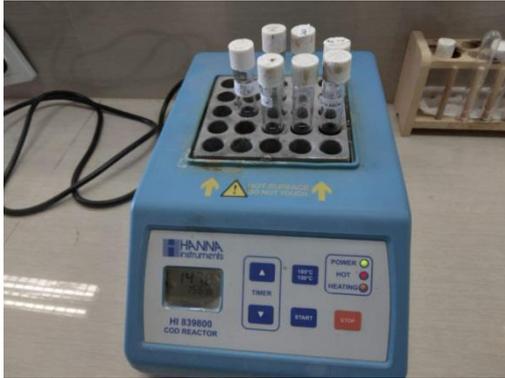
#### Lampiran 4. Pengujian *Total Suspended Solid* (TSS)

	
<p>Proses penimbangan berat awal kertas saring</p>	<p>Proses penimbangan berat awal kertas saring limbah cair tahu sebelum perlakuan</p>



### Lampiran 5. Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)





Proses inkubator sampel selama 2 jam



Proses pendinginan sampel setelah di inkubator



Hasil nilai COD

## Lampiraan 6. Perhitungan Persentase

### Menghitung persentase penurunan kekeruhan pada dosis optimum

- Sampel fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  1 g/L lama pemaparan 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{469 \text{ NTU} - 255 \text{ NTU}}{469 \text{ NTU}} \times 100 \% \\ &= 0.456 \times 100 \% \\ &= 45 \% \end{aligned}$$

- Sampel fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  dan arang aktif 1 g/L lama pemaparan 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{469 \text{ NTU} - 147 \text{ NTU}}{469 \text{ NTU}} \times 100 \% \\ &= 0.686 \times 100 \% \\ &= 68 \% \end{aligned}$$

Perhitungan Parameter TSS

Menentukan kadar TSS

Dik : Berat kertas saring awal = 0.1389 gr

Berat kertas saring limbah tahu = 0.1918

Volume sampel = 1 g/L

Dit : Berat Residu ?

Penyelesaian :

$$\text{Mg TSS/ L} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

Ket :

A : Berat kertas saring sampel

B : Berat kertas saring awal

V : Volume sampel

Perhitungan TSS sampel awal (uji kontrol)

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1918 - 0.1389) \times 1000}{1} \\ &= 52 \end{aligned}$$

### Menghitung Persentase penurunan kadar TSS pada pemaparan optimum

Sampel TiO<sub>2</sub> dosis 1 g/L waktu pemaparan 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{52 \text{ mg/L} - 21 \text{ mg/L}}{52 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 60 \% \end{aligned}$$

Sampel TiO<sub>2</sub> dan arang aktif dosis 1 g/L waktu pemaparan 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{52 \text{ mg/L} - 55 \text{ mg/L}}{52 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 6 \% \end{aligned}$$

### Menghitung Persentase penurunan kadar COD pada pemaparan optimum

- Sampel TiO<sub>2</sub> dosis 1 g/L waktu pemaparan 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{577 \text{ mg/L} - 284 \text{ mg/L}}{577 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

- Sampel TiO<sub>2</sub> dan arang aktif dosis 1 g/L waktu pemaparan 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektifitas (\%)} &= \frac{\text{Hasil Sebelum Fotokatalisis} - \text{Hasil sesudah fotokatalisis}}{\text{Hasil sebelum fotokatalisis}} \times 100 \% \\ &= \frac{577 \text{ mg/L} - 274 \text{ mg/L}}{577 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 52 \%\end{aligned}$$

