

**PENGOLAHAN LIMBAH PENATU DENGAN METODE  
FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS  
NANOPARTIKEL  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:  
HILDA RISMA  
NIM. 170702001**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2022 M/1443 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LIMBAH PENATU DENGAN METODE  
FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS  
NANOPARTIKEL TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>**

**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

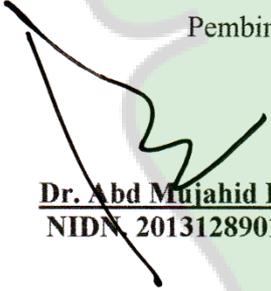
Diajukan Oleh:  
**HILDA RISMA**  
**NIM. 170702001**

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Banda Aceh, 6 Januari 2022  
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
**Dr. Abd Mujahid Hamdan, M. Sc.**  
**NIDN. 2013128901**

  
**Febrina Arfi, M.Si.**  
**NIDN. 2021028601**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

  
**Dr. Eng. Nur Aida, M. Si**  
**NIDN. 2016067801**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LIMBAH PENATU DENGAN METODE  
FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS  
NANOPARTIKEL  $TiO_2-SiO_2$**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas 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, 6 Januari 2022  
4 Jumadil Akhir 1443 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

  
**Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.**

**NIDN. 2013128901**

Penguji I,

  
**Febrina Arfi, M.Si.**

**NIDN. 2021028601**

Penguji II,

  
**Dr. Eng. Nur Aida, M. Si.**

**NIDN. 2016067801**

  
**Teuku Muhammad Ashari, M. Sc.**

**NIDN. 2002028301**

Mengetahui,

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



**Dr. Azhar Amsal, M.Pd.**

**NIDN. 2001066802**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hilda Risma  
NIM : 170702001  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Penatu dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>

Dengan ini 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 akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

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

Banda Aceh, 6 Januari 2022

Yang Menyatakan,



*Hilda Risma*  
Hilda Risma  
NIM. 170702001

## ABSTRAK

Nama : Hilda Risma  
NIM : 170702001  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Pengolahan Limbah Penatu dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>  
Tanggal Sidang : 6 Januari 2022  
Jumlah Halaman : 94  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Pembimbing II : Febrina Arfi, M.Si.  
Kata Kunci : Limbah penatu, Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>, fotokatalis fotodegradasi, efektivitas

Sejauh ini metode fotodegradasi dianggap mampu menguraikan polutan dengan bantuan cahaya matahari dan fotokatalis. Nanopartikel titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) merupakan fotokatalis yang mampu mendegradasi polutan namun belum digunakan dalam mendegradasi limbah penatu. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kemampuan nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis dalam mendegradasi polutan pencemar pada limbah penatu. Variabel dalam eksperimen yaitu massa nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> dan waktu kontak penyinaran sinar matahari. Variabel yang digunakan adalah massa nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> 0,5, 0,75 dan 1 gram dengan waktu kontak selama 5, 6, dan 7 jam. Hasil karakterisasi analisis *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan terbentuknya nanopartikel dengan ukuran rentang  $53,85 \pm 13,4$  nm. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> yang disinari dengan sinar matahari mampu mendegradasi zat organik dan anorganik. pH dapat berubah menjadi 7,80, COD dapat terdegradasi sampai 96,77 %, TSS dapat terdegradasi sampai 83,78 %, fosfat dapat terdegradasi sampai 95,31 %, dan kekeruhan mampu terdegradasi sampai 97,72 %. Simpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu massa nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap efektivitas fotodegradasi, hal ini berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang kurang dari 0,05, untuk parameter pH adalah 0,001, COD adalah 0,007, TSS adalah 0,001, fosfat adalah 0,002 dan kekeruhan adalah 0,000 dengan perubahan pH menjadi 7,80, degradasi nilai COD mencapai 96,77 %, degradasi kadar TSS mencapai 83,78 %, degradasi nilai fosfat mencapai 95,31 %, dan degradasi parameter kekeruhan mencapai 97,72 %. Selain itu, waktu kontak juga mempengaruhi efektivitas fotodegradasi, berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang kurang dari 0,05, untuk parameter COD adalah 0,003, parameter TSS adalah 0,000, parameter fosfat adalah 0,000 serta parameter kekeruhan adalah 0,000 dengan efektivitas fotodegradasi nilai COD mencapai 96,77 %, TSS mencapai 83,78 %, fosfat mencapai 95,31 %, dan parameter kekeruhan mencapai 97,72 %.

## ABSTRACT

Name : Hilda Risma  
NIM : 170702001  
Department : Environmental Engineering  
Title : *Laundry Waste Treatment with Photodegradation Method Using Photocatalyst Nanoparticle TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>*  
Date of Session : 6 Januari 2022  
Number of pages : 94  
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Advisor II : Febrina Arfi, M.Si.  
Keywords : *Laundry waste, nanoparticle TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>, Photocatalyst, Photodegradation, effectiveness.*

*This far, the photodegradation method is considered capable to decipher the pollutants by using sunlight and photocatalyst. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) nanoparticles are a photocatalysts that capable to degrading pollutants but have not been used in degrading laundry waste. This study aims to investigate the ability of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanoparticles as photocatalyst in degrading pollutants in laundry waste. The variables in this experiment are the mass of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanoparticles and contact time of the irradiation of sunlight. The variables used were the mass of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanoparticles 0.5, 0.75 and 1 gram with a contact time of 5, 6, and 7 hours. The results of the scanning electron microscopy (SEM) characterization analysis showed the formation of nanoparticles with a size range of  $53,85 \pm 13,4$  nm. The experimental results show that TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanoparticles that irradiated with sunlight are able to degrade organic and inorganic substances. pH can be changed to 7.80, COD can be degraded until 96.77%, TSS can be degraded until 83.78%, phosphate can be degraded until 95.31%, and turbidity can be degraded until 97.72%. The conclusion obtained from this study is that the mass of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanoparticles affects the effectiveness of photodegradation, its based on the results of multiple linear regression analysis which is less than 0.05, for the pH parameter is 0.001, COD is 0.007, TSS is 0.001, phosphate is 0.002 and turbidity is 0.000 with the change of pH to 7.80, the degradation of the COD value reaches 96.77%, the degradation of the TSS level reaches 83.78%, the degradation of the phosphate value reaches 95.31%, and the degradation of the turbidity parameter reaches 97.72%. In addition, contact time also affects the effectiveness of photodegradation, based on the results of multiple linear regression analysis which is less than 0.05, for the COD parameter is 0.003, the TSS parameter is 0.000, the phosphate parameter is 0.000 and the turbidity parameter is 0.000 with the photodegradation effectiveness COD value reached 96,77 %, TSS reached 83,78 %, phosphate reached 95,31%, and turbidity parameters reached 97,72%.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia nya sehingga penulis masih diberi kesempatan dan kesehatan dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tak lupa pula disanjung kan kepada Nabi kita yaitu Nabi Besar Muhammad SAW, yang mana beliau telah membawa umat manusia dari alam kebodohan menuju alam yang berilmu pengetahuan.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT telah memberi pertolongan dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis banyak mendapatkan dukungan, bimbingan, motivasi serta semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ibu Hartati, S.Pd. dan Bapak Hilman selaku orang tua penulis serta Abang Haris Afzal, S.T. yang telah memberikan dukungan semangat dan untaian doa selama ini.
2. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si. selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Husnawati Yahya, S. Si., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta koordinator tugas akhir.
4. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Ibu Febrina Arfi, M. Si. Selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Ibu khairun Nisah, M.Si dan Ibu Sri Nengsih, S.Si., M.Sc. yang telah membantu, mendukung, dan menyemangati dalam menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M. Sc. selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah banyak memberi arahan dan dukungan selama masa perkuliahan.

8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah mengajarkan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
9. Ibu Idariani dan Ibu Nurul Huda, S.Pd yang telah membantu administrasi serta penelitian.
10. Teman-teman tersayang yang telah banyak membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Akhir kata dengan kerendahan hati, penulis telah membuat tugas akhir ini semaksimal mungkin namun penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk mencapai kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 6 Januari 2022

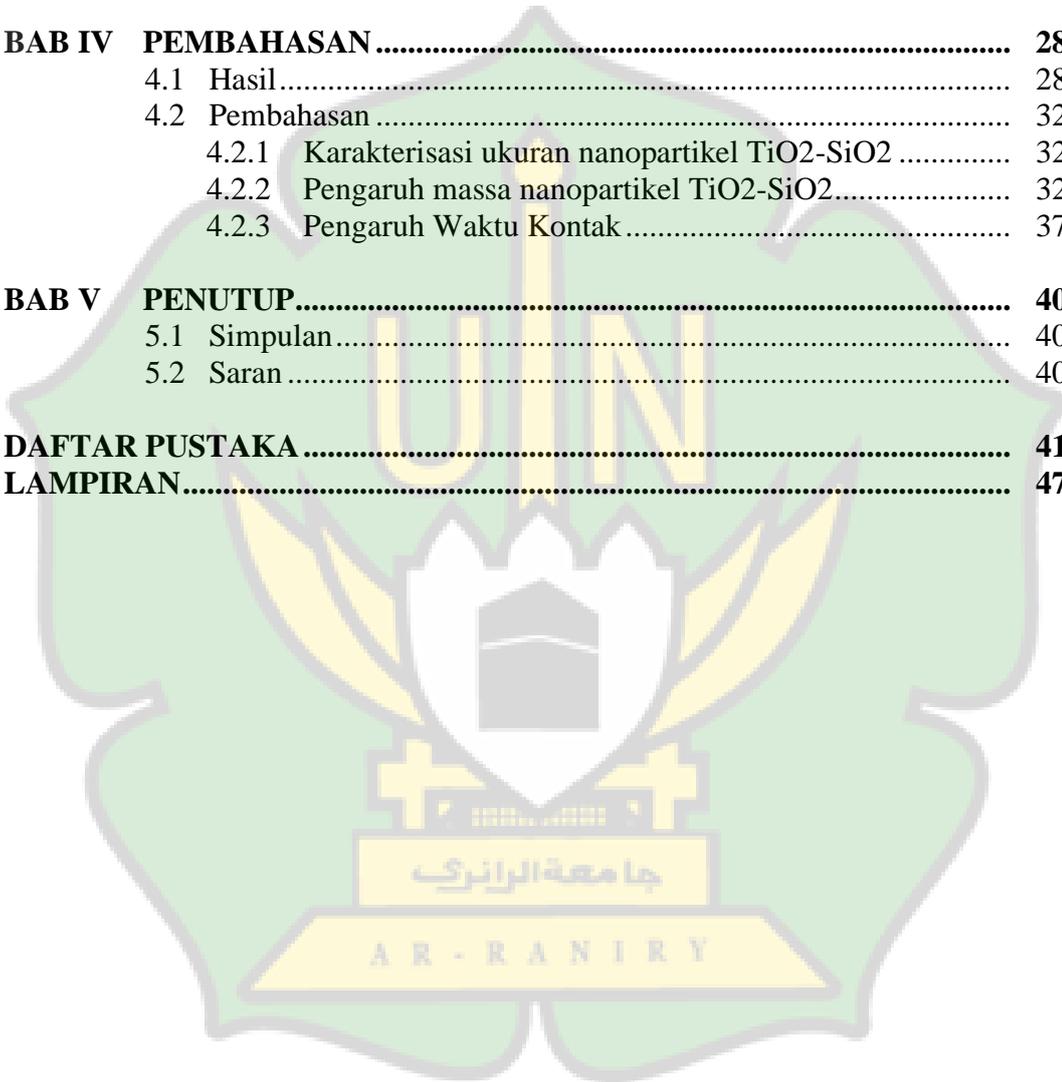
Penulis,

Hilda Risma

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Limbah Penatu.....	6
2.2 Karakteristik Limbah.....	7
2.2.1 <i>Power of Hydrogen</i> (pH) .....	7
2.2.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	7
2.2.3 Total Suspended Solid (TSS) .....	8
2.2.4 Fosfat .....	8
2.2.5 Kekeruhan.....	9
2.3 Fotodegradasi .....	9
2.4 Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	11
2.5 Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> ) .....	13
2.6 Nanopartikel .....	13
2.7 Instrumen.....	14
2.7.1 Shaker Mill.....	14
2.7.2 Scanning Electron Microscope (SEM).....	15
2.7.3 Lux Meter.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 Tahap Penelitian .....	18
3.2 Lokasi Pengambilan dan Pengukuran Sampel.....	19
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel .....	19
3.2.2 Lokasi Pengukuran Sampel .....	21
3.3 Pembuatan Nanopartikel.....	21
3.3.1 Alat dan Bahan .....	21
3.4 Karakterisasi TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> .....	22
3.5 Eksperimen Fotodegradasi .....	23

3.6	Pengukuran Parameter.....	24
3.6.1	<i>Power of Hydrogen</i> (pH).....	24
3.6.2	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	24
3.6.3	Total Suspended Solid (TSS).....	25
3.6.4	Fosfat.....	25
3.6.5	Tingkat Kekeruhan.....	26
3.7	Analisis Data.....	26
<b>BAB IV</b>	<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1	Hasil.....	28
4.2	Pembahasan.....	32
4.2.1	Karakterisasi ukuran nanopartikel TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> .....	32
4.2.2	Pengaruh massa nanopartikel TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> .....	32
4.2.3	Pengaruh Waktu Kontak.....	37
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>40</b>
5.1	Simpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>41</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

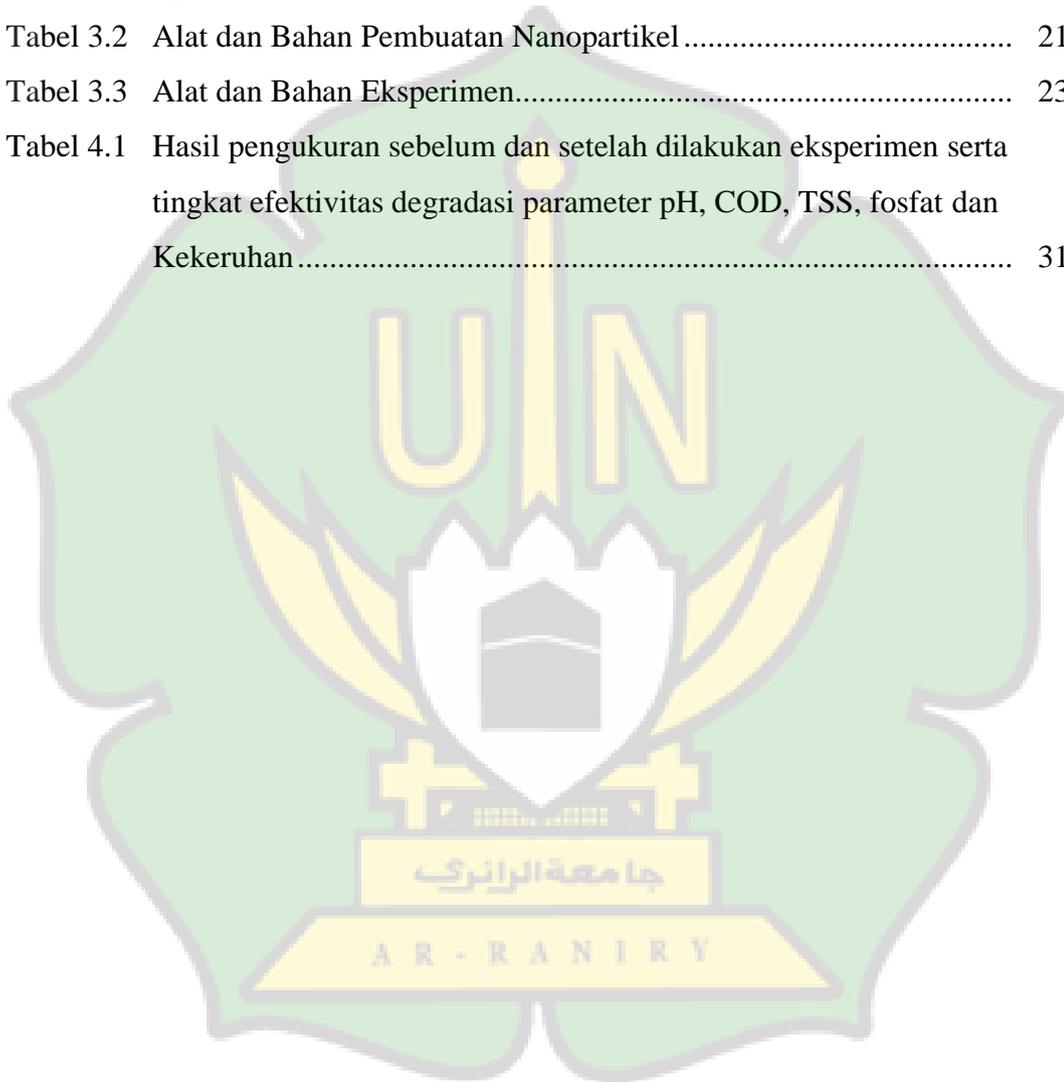


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi Fotodegradasi.....	9
Gambar 2.2	TiO <sub>2</sub> Powder .....	11
Gambar 2.3	SiO <sub>2</sub> Powder.....	13
Gambar 2.4	<i>Shaker mills</i> .....	15
Gambar 2.5	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> .....	15
Gambar 2.6	Lux Meter .....	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2	Informasi Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.3	Skema eksperimen Fotodegradasi .....	23
Gambar 4.1	Serbuk Sintesis Nanopartikel TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> .....	27
Gambar 4.2	Uji SEM TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> perbesaran 1000 kali .....	29
Gambar 4.3	Limbah Penatu (a) sebelum proses fotodegradasi, dan (b) setelah proses fotodegradasi menggunakan nanopartikel TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> . .....	30
Gambar 4.4	Grafik Uji Perubahan Parameter pH Limbah Penatu .....	33
Gambar 4.5	Grafik Uji Perubahan Parameter COD Limbah Penatu.....	34
Gambar 4.6	Grafik Uji Perubahan Parameter TSS Limbah Penatu .....	35
Gambar 4.7	Grafik Uji Perubahan Parameter Fosfat Limbah Penatu .....	36
Gambar 4.8	Grafik Uji Perubahan Parameter Kekeruhan Limbah Penatu.....	37

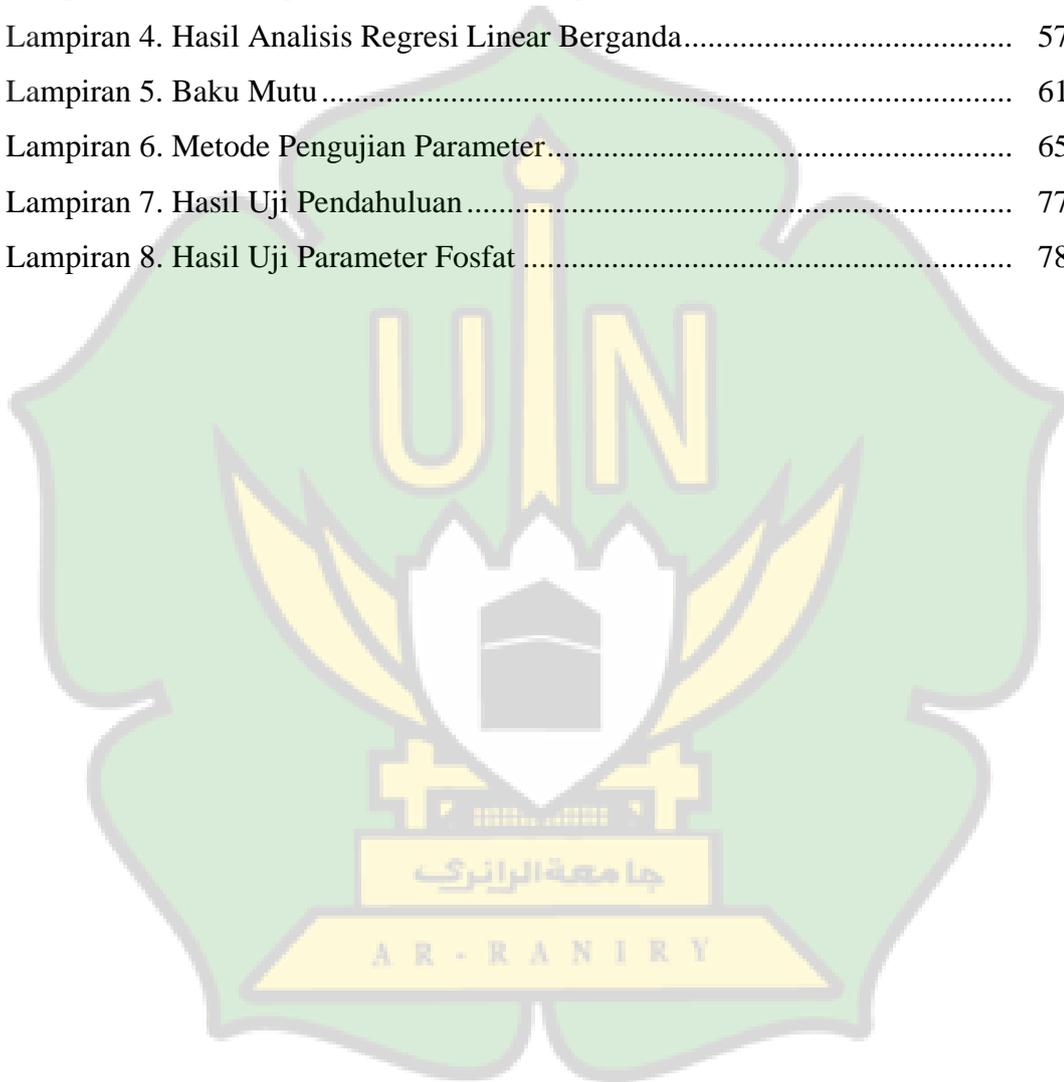
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu .....	6
Tabel 2.2	Studi Terdahulu Proses Fotodegradasi.....	10
Tabel 3.1	Uji Pendahuluan.....	20
Tabel 3.2	Alat dan Bahan Pembuatan Nanopartikel .....	21
Tabel 3.3	Alat dan Bahan Eksperimen.....	23
Tabel 4.1	Hasil pengukuran sebelum dan setelah dilakukan eksperimen serta tingkat efektivitas degradasi parameter pH, COD, TSS, fosfat dan Kekeruhan.....	31



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumen Eksperimen .....	46
Lampiran 2. Perhitungan TSS .....	49
Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi .....	51
Lampiran 4. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda .....	57
Lampiran 5. Baku Mutu .....	61
Lampiran 6. Metode Pengujian Parameter .....	65
Lampiran 7. Hasil Uji Pendahuluan .....	77
Lampiran 8. Hasil Uji Parameter Fosfat .....	78



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada tahun 2007, Indonesia tercatat ada sekitar 13 ribu industri besar dan menengah yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah industri dapat berasal dari industri besar, menengah dan kecil. Industri kecil dan menengah yang semakin berkembang salah satunya adalah industri penatu (*laundry*). Berdasarkan Ketua Asosiasi *Laundry* (ASLI) bisnis penatu (*laundry*) mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun sebesar 20%, tahun 2018 tercatat bahwa jumlah bisnis penatu di Indonesia telah mencapai 4.000 usaha. Jika limbah penatu dibuang begitu saja dengan kandungan busa yang melimpah dapat menghambat proses transfer oksigen, mengurangi nilai estetika, dan dapat menghalangi cahaya matahari untuk masuk ke badan air. Pencemaran lingkungan perairan di sekitar pemukiman penduduk dari kegiatan *laundry* yang membuang limbah cair domestik tanpa proses pengolahan ke badan air dapat mempengaruhi kesehatan manusia, menurunkan kualitas air, dan dapat berpengaruh terhadap ekosistem akuatik (Budiany dkk., 2014). Limbah penatu mengandung senyawa yang berbahaya dengan konsentrasi tinggi yaitu fosfat dan surfaktan (Putro dkk., 2019). Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah penatu sebelum dibuang ke badan air yang dapat merusak lingkungan.

Beberapa tahun terakhir banyak munculnya beberapa penelitian untuk mengembangkan teknologi degradasi kandungan yang terdapat di dalam limbah dengan metode fotokatalis (Arutanti, 2009; Sutanto dkk., 2011; Dwiasi dan Setyaningtyas, 2014; Hendra dkk., 2016). Metode fotokatalis merupakan metode yang efektif digunakan dalam mendegradasi bahan anorganik dan organik di lingkungan. Metode ini juga merupakan metode yang ramah terhadap lingkungan dan biaya operasi yang relatif murah sehingga mudah untuk dilakukan (Wang, 2006).

Fotokatalis merupakan gabungan antara proses fotokimia dan katalis, proses fotokimia yaitu transformasi kimia dengan bantuan cahaya sebagai pemicu, sedangkan katalis merupakan material bersifat semikonduktor yang dapat

mempercepat laju reaksi. Proses fotokatalis dapat terjadi ketika katalis semikonduktor yang dikenai cahaya akan menghasilkan elektron ( $e^-$ ) dan *hole* ( $h^+$ ) yang menjadi awal proses oksidasi terhadap polutan organik (Putro dkk., 2019).  $h^+$  akan berinteraksi dengan ion  $OH^-$  atau air sebagai sampel sehingga akan menghasilkan radikal hidroksil (OH) yang reaktif menyerang molekul organik atau anorganik yang terdapat pada air atau pelarut (Andriko dan Sanjaya, 2012).

Katalis yang banyak digunakan untuk saat sekarang ini dalam pengolahan air limbah adalah titanium dioksida ( $TiO_2$ ) karena katalis ini mudah didapatkan dan harganya relatif murah (Wulandari dkk., 2018). Titanium dioksida memiliki keunggulan yaitu bersifat semikonduktor, tidak beracun, aktivitas fotokatalis baik, konduktivitas tinggi, harga murah dan mudah didapatkan (Rahman dkk., 2014). Menurut laporan Hendra dkk. (2016), fotokatalis  $TiO_2$  dapat mendegradasi COD sebesar 70%, menjernihkan air limbah (Arutanti dkk., 2009), mereduksi BOD sebanyak 5,76 mg/L dan COD sebanyak 25,22 mg/L pada sistem pengolahan air bersih (Sutanto dkk., 2011), penjernihan zat warna tartrazin pada limbah cair industri mie menggunakan lampu UV sebesar 56,81% dan dengan penyinaran sinar matahari sebesar 61,64% (Dwiarsi dan Setyaningtyas, 2014).

Menurut Darmawan dan Agung (2020), proses fotokatalis sangat bergantung pada massa katalis yang digunakan dan lamanya waktu penyinaran. Semakin banyak massa fotokatalis yang digunakan maka radikal hidroksil (OH) yang terbentuk pun akan semakin banyak sehingga proses fotodegradasi akan menjadi semakin efektif. Begitu juga dengan waktu penyinaran, semakin lama dilakukan penyinaran maka interaksi antara fotokatalis dengan sinar semakin efektif sehingga semakin banyak pula energi foton yang diserap oleh fotokatalis dan molekul air (Astuti, 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tussa'adah dan Astuti (2015),  $TiO_2$  mampu menjernihkan air limbah tekstil di Silungkang dengan massa katalis 2,5 gram dan waktu penyinaran menggunakan sinar matahari selama 5 jam mampu menurunkan nilai pH sebelum perlakuan 10,09 dan setelah perlakuan 9,06 serta TDS sebelum perlakuan 1191 mg/L dan setelah perlakuan menjadi 409 mg/L. Sedangkan menurut laporan Arutanti dkk. (2009),  $TiO_2$  mampu menjernihkan air dari pencemar organik menggunakan

serbuk  $\text{TiO}_2$  sebanyak 5,883 gram dan 7,503 gram, didiamkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 8 jam terbukti bahwa kandungan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 7,503 gram memberikan hasil yang lebih jernih dibandingkan dengan kandungan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 5,883 gram.

Aktivitas fotokatalis dapat ditingkatkan dengan penambahan senyawa pendukung lainnya agar dapat merangsang pembentukan radikal hidroksil (OH) semakin banyak (Rilda dkk., 2011). Titanium dioksida ditambahkan dengan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) berguna selaku senyawa pendukung yang mampu menaikkan kinerja fotokatalis (Wulandari dkk., 2018). Silikon dioksida memiliki beberapa keunggulan yaitu amorf, stabil terhadap panas, sifat mekanik tinggi, porositas dan luas permukaan besar dan memiliki daya dispersi besar (Rajendran, 2010). Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  dengan skala nanometer maka akan memperluas permukaan partikel menjadi lebih besar, sehingga kontak molekul yang akan dikatalis dengan permukaan fotokatalis menjadi lebih banyak dan proses fotokatalis akan menjadi lebih efektif (Basthomi, 2016). Untuk mempertahankan kestabilan ukuran nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  diperlukannya material pendukung lainnya yaitu *polietilen glikol* (PEG). PEG merupakan polimer yang sangat bagus digunakan sebagai wadah dari serbuk  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  untuk menghindari terjadinya aglomerasi (penggumpalan) (Lubis dan Nasution., 2021).

Berdasarkan hasil investigasi Wulandari dkk. (2018), fotokatalis  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  yang berukuran nanopartikel mampu menetralkan nilai pH sebelum perlakuan dari 8,8 menjadi 7,5 dan menurunkan nilai TDS sebelum perlakuan dari 208 mg/L menjadi 161 mg/L pada limbah rumah tangga, pada limbah tekstil menurunkan BOD dengan tingkat efektivitas sebesar 86,42% dan COD 90,88% (Ananda dkk., 2020), degradasi *Methylene Blue* sebesar 87,61% (Andriko dan Sanjaya, 2012), mampu mendegradasi pestisida diazinon (Andarini dan Sarosa, 2015), dan mampu mereduksi logam berat *Kromium* (VI) (Ayuningtyas, 2011).

Dari hasil-hasil investigasi yang telah dipaparkan,  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  berpotensi menjadi katalis dalam pengolahan limbah domestik. Namun, belum ada investigasi yang menguji kemampuan metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  pada pengolahan limbah penatu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, fotokatalis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dan Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) berpotensi menetralkan parameter pH, menurunkan konsentrasi COD, TSS, fosfat, menjernihkan dan menghilangkan bau pada limbah domestik. Namun belum ada kajian penggunaan fotokatalis nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  dalam pengolahan limbah penatu. Oleh karena itu, pertanyaan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik partikel hasil sintesis  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  terhadap fotodegradasi dalam menetralkan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, kandungan fosfat, dan tingkat kekeruhan yang terdapat di dalam limbah penatu?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  terhadap fotodegradasi dalam menetralkan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, kandungan fosfat, dan tingkat kekeruhan yang terdapat di dalam limbah penatu?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengkarakterisasi partikel hasil sintesis  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi massa nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  terhadap fotodegradasi dalam menetralkan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, kandungan fosfat, dan tingkat kekeruhan yang terdapat di dalam limbah penatu.
3. Untuk menganalisis pengaruh variasi waktu kontak nanopartikel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  terhadap fotodegradasi dalam menetralkan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, kandungan fosfat, dan tingkat kekeruhan yang terdapat di dalam limbah penatu.

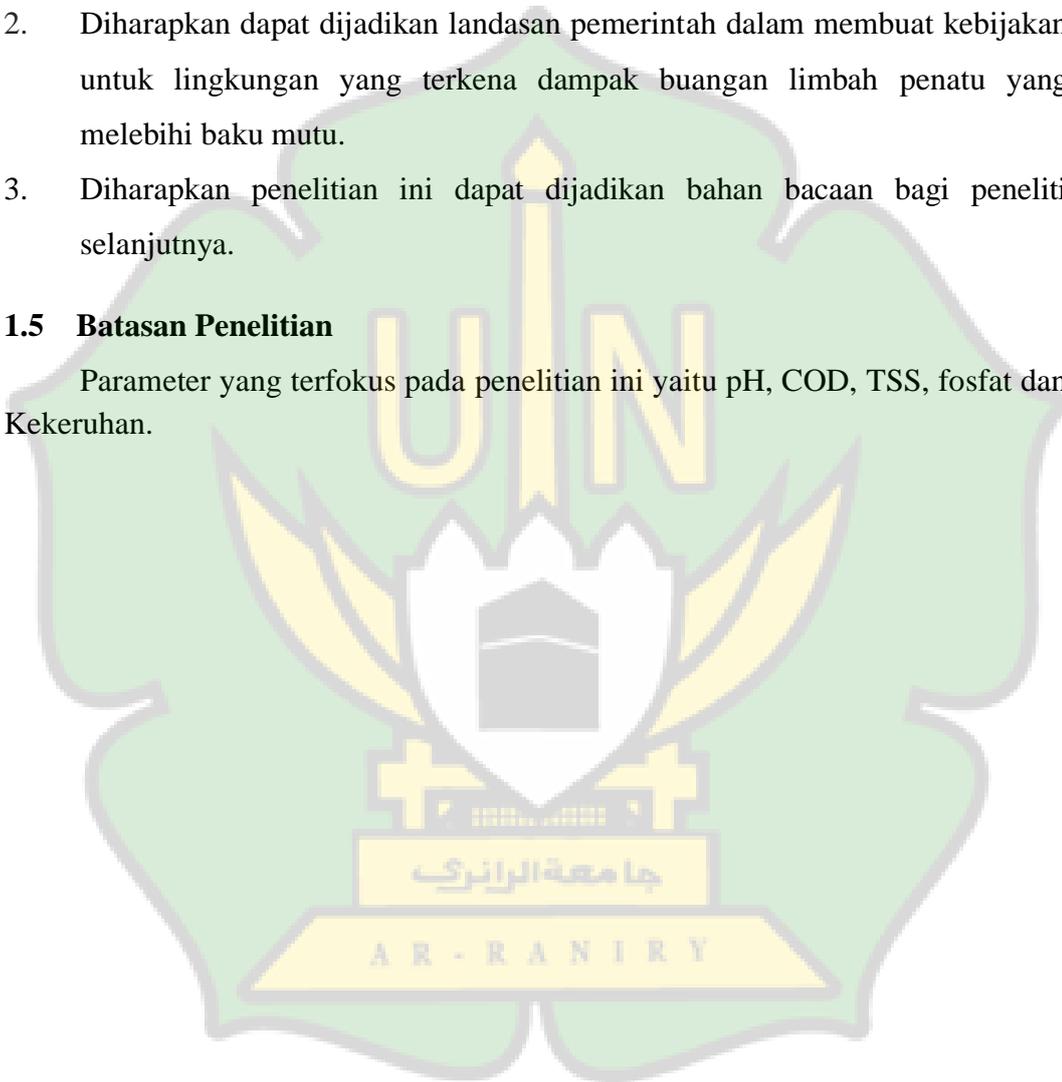
#### 1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian diatas, maka diharapkan penelitian ini dapat memberi manfaat antara lain:

1. Diharapkan masyarakat dapat menerapkan metode ini pada proses pengolahan limbah penatu.
2. Diharapkan dapat dijadikan landasan pemerintah dalam membuat kebijakan untuk lingkungan yang terkena dampak buangan limbah penatu yang melebihi baku mutu.
3. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan bahan bacaan bagi peneliti selanjutnya.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Parameter yang terfokus pada penelitian ini yaitu pH, COD, TSS, fosfat dan Kekeruhan.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah Penatu

Limbah penatu merupakan permasalahan yang sudah lama hingga sampai saat sekarang ini masih terus berlanjut dikarenakan maraknya usaha *Laundry*. Limbah penatu berasal dari air bekas mencuci pakaian, saat sekarang ini banyaknya pengusaha *laundry* yang membuang limbah langsung ke badan air atau tanah sehingga menyebabkan pencemaran pada air, kualitas air normal memiliki pH atau derajat keasaman kisaran 6-8, tidak berbau, tidak berwarna, serta material organik lainnya yang secara kuantitas dan kualitas harus dibawah baku mutu yang sudah diatur. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Baku Mutu
1	pH	-	6-9	Permen LHK No.68 Tahun 2016
2	COD	mg/L	100	
3	TSS	mg/L	30	
4	Fosfat	mg/L	2	Permen LH No.5 Tahun 2014
5	Kekeruhan	NTU	-	-

*Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016; Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014*

Menurut Suhadiyah dkk. (2016), 40% pencemaran air berasal dari kegiatan rumah tangga, 30% kegiatan industri dan sisanya berasal dari kegiatan rumah sakit, pertanian, dan peternakan. Limbah penatu dapat berdampak pada kesehatan masyarakat di sekitar, terganggunya kehidupan mikroorganisme perairan, dan turunnya kualitas baku mutu perairan. Pada limbah penatu mengandung senyawa yang memiliki konsentrasi tinggi seperti fosfat, surfaktan, kekeruhan, kadar padatan terlarut, *biologi oxygen demand* (BOD), dan *chemical oxygen demand* (COD) yang jika limbah dibuang ke perairan tanpa proses pengolahan maka akan

menimbulkan busa, dan perubahan warna pada air sehingga dapat menghambat transfer oksigen, menghalangi cahaya matahari untuk masuk ke badan air (Putro dkk., 2019) dan dapat menyebabkan timbulnya eutrofikasi atau alga bloom (Purnama, 2015). Tanda-tanda bahwa perairan telah tercemar yaitu adanya perubahan seperti pH, suhu, timbulnya endapan, perubahan warna, rasa dan bau, serta meningkatnya radioaktivitas air (Fitriyanti, 2020).

## **2.2 Karakteristik Limbah**

Limbah cair domestik maupun non domestik memiliki tiga jenis karakteristik yaitu fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika terdiri atas beberapa parameter yaitu *total suspended solid* (TSS), *total solid* (TS), kekeruhan, warna, bau dan temperatur. Karakteristik kimia terdiri atas beberapa parameter yaitu *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *dissolved oxygen* (DO), ammonia (NH<sub>3</sub>), sulfida, fenol, *power of hydrogen* (pH), fosfat dan logam berat. Karakteristik biologi digunakan dalam mengukur kualitas air terutama air bersih dan air minum dengan mengukur kandungan bakteri dan mikroorganisme yang terdapat didalam air limbah (Fitriyanti, 2020).

### **2.2.1 Power of Hydrogen (pH)**

*Power of Hydrogen* (pH) dapat menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 untuk parameter pH berkisaran anatar 6-9. Perairan dengan derajat pH yang netral memiliki nilai yaitu 7, perairan yang bersifat asam memiliki nilai pH < 7 dan bersifat basa pH > 7 (Ayuningtyas, 2013). pH mampu menunjukkan proses reaksi yang berada dalam perairan seperti reaksi dalam kondisi asam maupun basa. Derajat keasaman berpengaruh terhadap tingkat toksisitas bahan beracun.

### **2.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical oxygen demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat organik yang terdapat didalam limbah (Alamsyah, 2007) ataupun jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan

yang terdapat di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Siregar, 2005). Kandungan buangan organik akan teroksidasi menjadi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Uji parameter COD dapat dijadikan alternatif uji pengujian terhadap beberapa komponen yang stabil terhadap reaksi biologi ataupun tidak dapat diurai/dioksidasi oleh mikroorganisme. Parameter COD merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan tingkat pencemaran pada perairan (Alamsyah, 2007).

### 2.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

*Total suspended solid* (TSS) merupakan jumlah zat tersuspensi dengan volume tertentu di dalam air dengan satuan mg/L. Zat padat tersuspensi digolongkan menjadi zat padat terapung dari zat padat terendap. Hasil uji TSS diperoleh dari sampel yang disaring dengan menggunakan kertas saring yang kemudian dilakukan penimbangan dimana selisih dari berat kertas saring isi dan kertas saring kosong merupakan jumlah padatan tersuspensi (Mellisa, 2006).

### 2.2.4 Fosfat

Pada pembuatan deterjen bahan utama yang digunakan yaitu fosfat, kadar fosfat dengan nilai tinggi dapat merusak kualitas air tanah dan jika dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti rusaknya fungsi ginjal, dan dapat mengakibatkan penggumpalan pada pembuluh darah (Yuniarti dkk., 2008). Kandungan fosfat pada perairan dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi pada sistem perairan. Bahan yang terkandung dalam deterjen yaitu fosfat yang berasal dari *sodium tripolyphosphate* (STPP). Fosfat berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur penting yang dapat menghilangkan mineral sadah dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal (Stefhany dkk., 2013). Komponen fosfat merupakan salah satu pembentuk deterjen sebagai pembentuk buih, adanya kandungan fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian proses biologi

Pada air limbah bentuk fosfor yaitu jenis fosfor organik, polifosfat dan ortofosfat. Fosfat organik terdapat dari ortofosfat yang terlarut secara proses biologis karena bakteri maupun menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Polifosfat

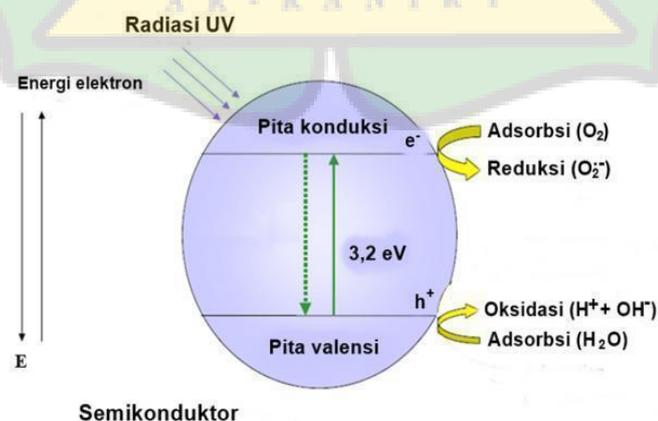
banyak digunakan dalam pembuatan deterjen sintetis yang berasal dari air buangan penduduk dan industri yang menggunakan deterjen mengandung fosfat (Kim dkk., 2014).

### 2.2.5 Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan karena adanya kandungan bahan organik atau anorganik yang dihasilkan oleh limbah buangan industri maupun limbah rumah tangga. Jika dilihat secara fisik limbah memiliki warna hitam atau kecoklatan maka bisa dikatakan bahwa limbah tersebut terkandung koloid yang dapat merusak kualitas air jika dibuang langsung ke badan air (Effendi, 2003). Kekeruhan pada air limbah dapat dideteksi secara fisik dengan menggunakan efek cahaya dalam mengukur keadaan air limbah dengan skala *nephelometric turbidity unit* (NTU).

### 2.3 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan suatu proses peruraian suatu senyawa organik dan anorganik dengan bantuan energi foton yang berasal dari sinar UV (Fatimah dan Wijaya, 2005). Prinsip terjadinya proses fotodegradasi karena adanya perpindahan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi jika dikenai suatu energi foton. Saat terjadinya proses penyinaran akan terbentuk radikal hidroksil (OH) dari katalis dalam larutan yang dikenai radiasi sinar UV (Astuti, 2018). Radikal hidroksil (OH) memiliki sifat aktif dan berlanjut dalam mendegradasi senyawa organik target (Maldotti dkk., 2001).



**Gambar 2.1** Reaksi Fotodegradasi. Sumber: (Rafidiyah, 2017)

Studi terdahulu fotodegradasi telah banyak dilakukan, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Studi terdahulu proses fotodegradasi

Material	Parameter	Limbah	Penulis
TiO <sub>2</sub>	Surfaktan	Limbah cair <i>laundry</i>	Hendra dkk. (2016)
TiO <sub>2</sub>	Penjernihan air dari pencemar organik	Limbah leuwi gajah	Arutanti dkk. (2009)
TiO <sub>2</sub>	BOD dan COD	Pengolahan air bersih	Sutanto dkk. (2011)
TiO <sub>2</sub>	Zat warna tartrazin	Limbah cair industri mie	Dwiasih dan Setyaningtyas. (2014)
TiO <sub>2</sub>	pH dan TDS	Limbah tekstil	Tussa'adah dan Astuti. (2015)
TiO <sub>2</sub>	Surfaktan anionik	Limbah <i>laundry</i>	Astuti (2018)
TiO <sub>2</sub>	Cr (VI) dan fenol	Limbah Cr	Slamet dan Finaty. (2006)
TiO <sub>2</sub> / zeolit	COD	Limbah cair industri tapioka	Fatimah dan Wijaya. (2005)
TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	pH dan TDS	Limbah rumah tangga	Wulandari dkk. (2018)
TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	BOD dan COD	Limbah tekstil	Ananda dkk. (2020)
TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	<i>Methylene blue</i>	Limbah tekstil	Andriko dan Sanjaya. (2012)
TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	Pestisida diazinon	Pestisida diazinon	Andarini dan Sarosa. (2015)
TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	Kromium (IV)	Limbah Kromium (IV)	Ayuningtyas (2011)

Fotokatalis dapat berproses jika dibantu dengan suatu katalis yang aktif jika disinari dengan cahaya matahari. Material fotokatalis yang digunakan bersifat semikonduktor (Tussa'adah dan Astuti., 2015). Material yang memiliki sifat konduktivitas listrik tinggi disebut konduktor, material dengan konduktivitas listrik rendah disebut isolator, sedangkan material yang memiliki sifat konduktivitasnya diantara dua zat tersebut maka disebut semikonduktor (Rohmah, 2015).

Material semikonduktor memiliki kemampuan ganda dalam menyerap foton dan terjadinya reaksi transformasi antar muka material secara simultan (Kusrini dan Afrozi., 2012). Dalam teknik penjernihan air, material yang digunakan bersifat semikonduktor memiliki beberapa kelebihan yaitu sifat oksidasi kuat,

ikatan kimia stabil terhadap cahaya, tidak membentuk senyawa baru yang beracun, tidak mudah larut dalam air, murah dan ramah lingkungan (Aliah dkk., 2012).

#### 2.4 Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan senyawa oksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun, tidak larut dalam air, berdasarkan sifatnya  $\text{TiO}_2$  banyak digunakan sebagai katalis pada proses fotokatalis, bahan pemberi warna (pigmen) putih pada produk kosmetik dan makanan (Tjahjanto dan Jarnuzi, 2001).



**Gambar 2.2**  $\text{TiO}_2$  Powder

Ada tiga bentuk struktur kristal  $\text{TiO}_2$  yaitu anatase, rutil, dan brookite. Struktur kristal yang biasanya dijual bebas untuk digunakan sebagai katalis adalah  $\text{TiO}_2$  anatase karena dapat bekerja baik dengan bantuan sinar UV dalam mendegradasi pencemaran.  $\text{TiO}_2$  memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi, tidak beracun, stabil, dan mudah didapatkan (Supriyanto dkk., 2014).  $\text{TiO}_2$  merupakan salah satu semikonduktor yang biasanya digunakan dalam proses fotokatalis untuk pengolahan limbah organik dan anorganik karena katalis ini ramah lingkungan. Semikonduktor bersifat mampu menghantar listrik antara logam dan isolator (Soraya Santi, 2009).  $\text{TiO}_2$  merupakan semikonduktor yang memiliki energi celah pita yang lebar berkisaran antara 3,2 eV-3,8 eV (Rohmah, 2015).

Karakteristik fisika dan kimia  $\text{TiO}_2$  dapat diamati dengan ukuran partikel, morfologi dan fase kristal. Sifat fisika dan kimia  $\text{TiO}_2$  yaitu memiliki bentuk padatan serbuk berwarna putih, tidak larut dalam air, memiliki massa molar

79,866 g/mol, kerapatan 4,23 g/cm<sup>3</sup>, titik didih 2972 °C, titik leleh 1843 °C, dan porositas 0% (Indragini, 2011). Ada beberapa keunggulan semikonduktor TiO<sub>2</sub> dibandingkan dengan katalis lainnya, sehingga menjadi perhatian khusus untuk dijadikan fotokatalis, adapun kelebihan lainnya adalah (Sturini dkk., 2012), baik dalam proses penyerapan sinar ultraviolet, tidak beracun, memiliki celah pita (*band gap*) yang lebar sehingga mudah terjadinya proses perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan terbentuknya *hole* pada pita valensi saat diinduksikan cahaya ultraviolet, bersifat *inert* dan tidak larut dalam reaksi kimia maupun biologis, dan aktivitas fotokatalis tinggi.

TiO<sub>2</sub> dapat menjadi zat pengoksidasi yang bagus jika disinari dengan cahaya UV dengan panjang gelombang  $\lambda$  (100-280) nm. Adanya interaksi lubang pita valensi terhadap molekul air maka akan terbentuknya radikal hidroksil (OH) yang berperan sebagai zat pengoksidasi dari senyawa organik. Dikarenakan fotokatalis dapat menghasilkan radikal hidroksil sebagai proses awal oksidasi, maka dapat diyakinkan bahwa proses ini dapat mendegradasi berbagai macam limbah seperti limbah deterjen, limbah batik, limbah lindi, dan juga limbah lainnya.

Menurut penelitian Tussa'adah dan Astuti (2015), Fotokatalis menggunakan TiO<sub>2</sub> mampu menjernihkan air limbah tekstil dengan menurunkan nilai pH sebelum perlakuan dari 10,9 dan setelah perlakuan menjadi 8, menurunkan nilai TDS dari 1191 mg/L menjadi 409 mg/L. TiO<sub>2</sub> memiliki keaktifan tertinggi dibawah energi foton  $300 \text{ nm} < \lambda < 390 \text{ nm}$  dan tetap akan stabil setelah siklus katalis terjadi secara berulang (Fitriana, 2017).

Fotokatalis TiO<sub>2</sub> berukuran nano partikel memiliki aktivitas fotokatalis lebih bagus dibandingkan dengan mikro partikel, karena ukuran partikel yang kecil dapat meningkatkan luas permukaan kontak katalis antara cahaya yang disinari (Maretta dan Helmy, 2015). Katalis TiO<sub>2</sub> dalam ukuran nanopartikel memiliki kapasitas oksidasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan katalis TiO<sub>2</sub> dalam wujud curah besar (Fitriana, 2017). Menurut penelitian Wulandari dkk. (2018), nanopartikel TiO<sub>2</sub> mampu menetralkan nilai pH sebelum perlakuan dari 8,8 menjadi 7,5 dan menurunkan nilai TDS sebelum perlakuan dari 208 mg/L menjadi 161 mg/L pada limbah rumah tangga.

## 2.5 Silikon Dioksida (SiO<sub>2</sub>)

Silika dengan rumus kimia yang digunakan yaitu SiO<sub>2</sub> (Silikon Dioksida) yang diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral banyak terdapat pada kegiatan tambang/galian berupa mineral seperti granit, pasir kuarsa, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika (SiO<sub>2</sub>). Silika sangat jarang dijumpai secara alami dalam bentuk murni karena silikon murni yang dikandung bumi hanya sekitar 25,7 %. Silika bersifat amorf, mempunyai daya serap tinggi, serta sebagian berada dalam bentuk terhidrat (Ayuningtyas, 2013). Pada umumnya silika berbentuk amorf tetrahidrat, tetapi jika pembakaran dilakukan secara terus-menerus suhu di atas 650 °C maka tingkat kristalinitasnya akan cenderung meningkat dengan terbentuknya fasa *quartz*, *crystalite*, and *tridymite*.



Gambar 2.3 SiO<sub>2</sub> Powder

## 2.6 Nanopartikel

Nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran 1-100 nanometer dengan ukuran diameter partikel terbaik antara 200 dan 400 nm (Rahmawati, 2007). Ukuran nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel berukuran besar, maka nanopartikel memiliki sifat lebih reaktif dan efektif (Wulandari dkk., 2018). Kelebihan nanopartikel adalah mampu menembus ruang-ruang antara sel oleh partikel koloid (Abdassah dkk., 2009) dan mampu meningkatkan keterikatan dari sistem karena terjadinya peningkatan luas permukaan kontak (Buzea dkk., 2007).

Nanopartikel juga fleksibel jika dikombinasikan dengan berbagai jenis teknologi lainnya. Pembuatan nanopartikel dapat dilakukan dengan dua metode yaitu:

1. Metode *top-down* (fisika)

Metode *top-down* yaitu dilakukannya pengurangan ukuran partikel dari ukuran besar menjadi lebih kecil dengan menggunakan teknik penggilingan media, mikro fluidisasi dan homogenisasi tekanan tinggi. Pada metode ini tidak menggunakan pelarut keras, tetapi menggunakan penggilingan *Mechanical Alloying* media dihancurkan dengan membutuhkan energi yang tinggi dan tidak efisien. Contoh *Mechanical Alloying* yaitu menggunakan alat *high energy milling* atau *shaker milling* (Patravale dkk., 2004).

2. Metode *bottom-up* (kimia)

Metode *bottom-up* yaitu proses pembentukan nanostruktur atom demi atom atau molekul demi molekul hingga membentuk suatu partikel yang berukuran nanometer, dan metode ini menggunakan bantuan pelarut keras yang kemudian diendapkan. Contoh teknologi *bottom-up* yaitu menggunakan teknik *sol-gel*, presipitasi kimia, dan aglomerasi fasa gas (Patravale dkk., 2004).

## 2.7 Instrumen

### 2.7.1 Shaker Mill

*Shaker mill* merupakan suatu metode yang biasanya digunakan untuk sintesis material nanopartikel dengan proses penggilingan atau menghancurkan suatu bahan menjadi partikel yang memiliki ukuran lebih kecil menggunakan suatu alat dengan kerja berputar (Gunawan, 2011). *Shaker milling* terdapat dua jenis metode yaitu *shaker mill* dan metode *planetary ball milling*. Perbedaan dari kedua metode ini yaitu pada *shaker mill* mesin bergerak secara acak dengan gerakan tabung berada pada sumbu x,y, dan z. Bisa dikatakan bahwa metode ini lebih efisien karena gerakan pada mesin terjadi lebih banyak sehingga gerakan bola baja yang terdapat didalam tabung lebih banyak dan saling bertumbukan sehingga energi dari tumbukan tersebut mampu merubah material partikel menjadi ukuran yang lebih kecil dan waktu yang dilakukan dalam pembuatan

nanopartikel ini juga tidak terlalu lama. Sedangkan *planetary ball mill* tabung mesin hanya akan bergerak di satu sumbu saja yaitu sumbu x. Sehingga gerakan bola baja di dalam tabung juga tidak banyak (Nugroho, 2020). *Shaker mills* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** *Shaker mills*.

### 2.7.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan mikroskop elektron yang biasanya digunakan untuk melihat permukaan benda padat, mikroskop elektron lebih unggul dibandingkan dengan mikroskop optik. Ketika sebuah berkas elektron berinteraksi dengan atom di dalam sampel, elektron secara individual menjalani dua jenis hamburan yaitu elastis dan inelastis. Karakteristik menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) berfungsi agar dapat memberi informasi morfologi permukaan partikel yang direkam oleh detektor yang kemudian gambar morfologi akan terbaca ukuran partikel (Wulandari dkk., 2018). SEM dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

(Sumber: Motokazu Sato, 2020)

Prinsip kerja alat SEM yaitu:

1. Pistol elektron akan memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel yang diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirimkan ke monitor (CRT).

SEM memiliki dua jenis lensa magnetik yaitu lensa kondensor yang berada di dekat filamen, dan lensa objektif yang berada di dekat objek. Lensa kondensor berfungsi agar dapat mengatur ukuran *electron beam* serta jumlah elektron yang lewat. Sedangkan lensa objektif berfungsi untuk memfokuskan elektron yang mengenai sampel/objek. Tampilan hasil SEM merupakan gambar hitam putih, tidak berwarna seperti mikroskop optik.

### 2.7.3 Lux Meter

*Lux meter* merupakan suatu alat yang mampu mengetahui dan mengukur tingkat intensitas cahaya pada suatu tempat. *Lux meter* memiliki satuan yaitu *Lux* yang didefinisikan sebagai satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. *Lux meter* memiliki range intensitas cahaya berkisaran antara 1-100.000 Lux. *Lux meter* terdiri atas tiga rangkaian komponen utama yaitu rangka, LED dan photodiode. Prinsip kerja *lux meter* yaitu dapat mengubah energi cahaya menjadi arus listrik yang kemudian ditampilkan pada LED. Jenis alat *lux meter* dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu *lux meter* analogi dan *lux meter* digital. Alat *Lux Meter* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Lux Meter

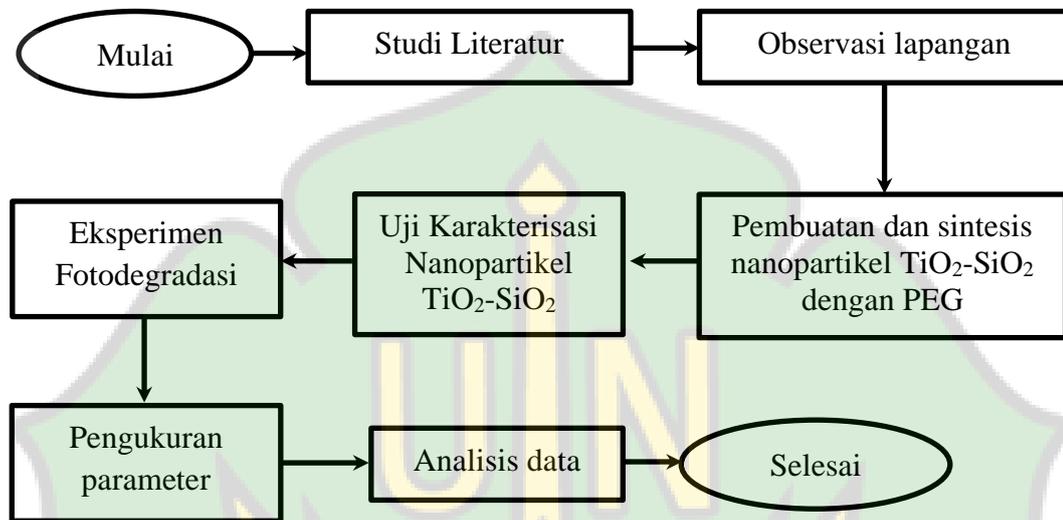
(Sumber: (LIPI))

Alat ukur cahaya diciptakan dilatarbelakangi atas kesadaran kebutuhan cahaya yang berbeda-beda pada suatu ruangan maupun diluar ruangan. Cara kerja alat lux meter ini sudah dilengkapi dengan sel foto yang nantinya akan berguna untuk menangkap cahaya yang dibutuhkan oleh layar panel sensor cahaya, pada alat ini jenis sensor yang digunakan yaitu photodiode yang merupakan salah satu bagian dari sensor optik. Sensor cahaya dapat diletakkan pada area pusat yang ingin diketahui tingkat intensitas cahayanya. Alat lux meter biasanya sangat dibutuhkan dalam dunia industri.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahap Penelitian

Adapun tahap dan alur penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

Tahapan dan alur penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

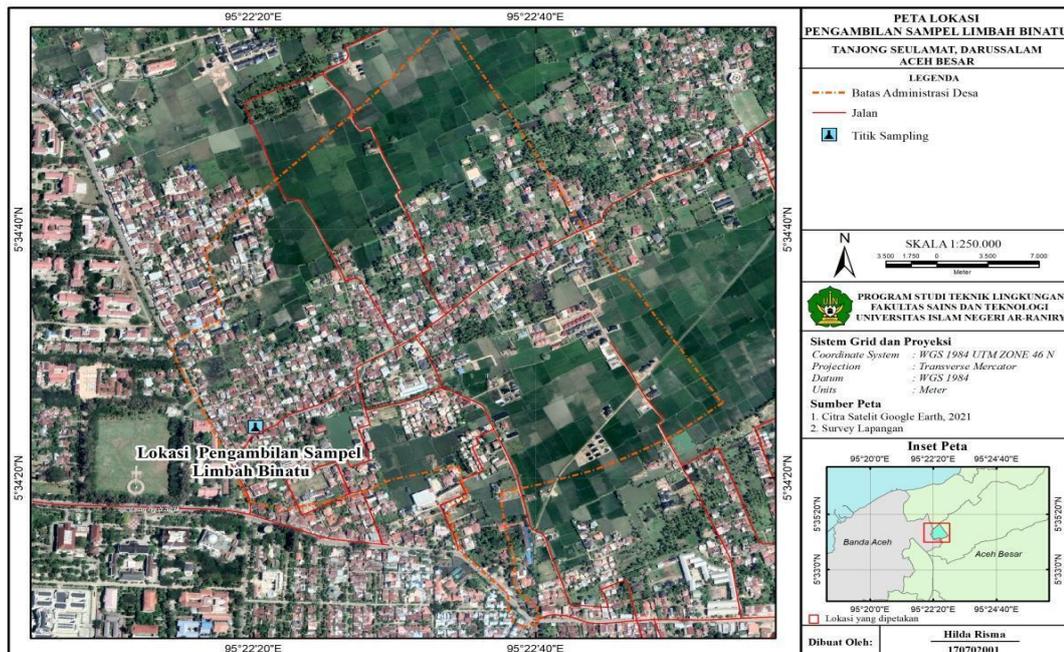
1. Studi literatur yaitu melakukan studi pendahuluan agar mendapatkan informasi terkait dengan proses penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan literatur dari jurnal, skripsi, dan tesis.
2. Observasi lapangan yaitu observasi yang dilakukan untuk mengetahui limbah penatu agar dapat ditentukan cara dalam pengolahan limbah.
3. Pembuatan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  dilakukan agar dapat memperluas permukaan partikel menjadi lebih besar dan dilakukan sintesis dengan penambahan *Polietilen Glikol* (PEG) agar terhindar terjadinya aglomerasi sehingga proses fotokatalis akan menjadi lebih efektif.
4. Uji karakterisasi nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) agar dapat mengetahui bentuk morfologi ukuran partikel.

5. Eksperimen fotodegradasi yaitu melakukan pengujian pengolahan pada limbah penatu dengan menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  perbandingan variasi massa dan waktu penyinaran.
6. Pengukuran parameter yaitu pengukuran limbah penatu terhadap nilai pH, COD, TSS, tingkat kekeruhan dan kandungan fosfat sebelum dan sesudah eksperimen.
7. Analisis data yaitu dilakukan analisis pengaruh variabel terhadap variabel yang lain, data diolah menggunakan SPSS.

## **3.2 Lokasi Pengambilan dan Pengukuran Sampel**

### **3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel**

Penelitian ini menggunakan sampel yang berasal dari limbah penatu yang diambil pada salah satu usaha *laundry* yang terletak di Tanjung Selamat, Darussalam, Kabupaten Aceh Besar yang berada pada titik koordinat  $5^{\circ}34'24.00''\text{N}$  dan  $95^{\circ}22'20.17''\text{E}$ . Peta lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.2. Usaha *laundry* tersebut membuang limbah tanpa proses pengolahan, sehingga selokan sekitaran *laundry* terdapat kandungan busa yang melimpah dan dapat mengurangi nilai estetika, menghambat transfer oksigen, menghalangi cahaya matahari yang masuk ke badan air, dan tercemarnya air tanah.



**Gambar 3.2** Peta Lokasi Pengambilan Sampel  
(Sumber: (Google Earth))

Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh (LABBA) terbukti limbah yang dihasilkan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen, dan Produk-produk Minyak Nabati. Hasil pendahuluan terdapat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Uji Pendahuluan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Uji Pendahuluan
1	pH	-	6-9	6,79
2	COD	mg/L	100	670,66
3	TSS	mg/L	30	133,5
4	Fosfat	mg/L	2	2,75
5	Kekeruhan	NTU	-	172,5

(Sumber: Uji Laboratorium Baristand (2021))

Pada penelitian ini sampel diambil dengan menggunakan teknik *grab sampling* atau sesaat, sampel diambil pada saluran sebelum dibuang ke perairan dengan tahapan sebagai berikut sesuai dengan SNI (6989.59.2008).

1. Sampel limbah penatu diambil langsung pada tempat pembuangan akhir usaha *laundry* yang terletak di Tanjung Selamat, Darussalam, Aceh Besar. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari antara pukul 06:00 sampai 09:00 WIB karena aktivitas mencuci dilakukan pada pagi hari.
2. Sampel diambil dengan menggunakan gayung bertangkai yang kemudian dituangkan ke dalam wadah atau jerigen dengan kapasitas 10 liter dengan ketentuan yang sesuai dengan SNI (6989.59.2008) yaitu, wadah terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel, wadah terbuat dari bahan yang mudah dicuci dari bekas sebelumnya, sampel mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa adanya sisa bahan tersuspensi, wadah mudah dan aman dibawa, dan kapasitas wadah tergantung dari tujuan penelitian.

### 3.2.2 Lokasi Pengukuran Sampel

Uji pengukuran parameter air limbah penatu dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, pengukuran parameter fosfat di Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala, dan pembuatan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  menggunakan alat *Shaker Mills* dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Medan serta karakterisasi uji SEM di Laboratorium Pengujian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

## 3.3 Pembuatan Nanopartikel

### 3.3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut diuraikan pada Tabel 3.2

**Tabel 3.2** Alat dan Bahan Pembuatan Nanopartikel

No	Alat dan Bahan	Besar	Satuan	Merek Dagang	Kegunaan
1	<i>Shaker Mill PPF-UG</i>	1	-	-	Alat pembuatan nanopartikel $\text{TiO}_2$ dan $\text{SiO}_2$
2	Titanium Dioksida	30	Gram	Merck	Sebagai katalis

	(TiO <sub>2</sub> )				
3	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	7,5	Gram	Merck	Sebagai katalis
4	Polietilen Glikol (PEG)	60	Gram	Merck	Sebagai pembungkus partikel katalis agar memiliki ukuran yang sama dan menghindari terjadinya penggumpalan
5	Cawan uap	1	-	-	Wadah
6	Furnace	1	-	-	Untuk Pengeringan

1. Proses pembuatan Nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan SiO<sub>2</sub> dijelaskan sebagai berikut:
  - 1) Serbuk TiO<sub>2</sub> dimasukkan kedalam tabung untuk dilakukan penumbukan.
  - 2) Serbuk TiO<sub>2</sub> digiling menggunakan *Shaker Mill* (PPF-UG) dengan kecepatan 500 *rpm* selama 10 jam.
  - 3) Prosedur 1 dan 2 diulangi pada serbuk SiO<sub>2</sub>.
2. Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>  
 Proses sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> yang dilakukan dengan menggunakan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer, polimer yang digunakan yaitu *polietilen glikol* (PEG 6000), perlakuan dijelaskan sebagai berikut:
  - 1) PEG sebanyak 60 gram, TiO<sub>2</sub> 30 gram, dan SiO<sub>2</sub> 7,5 gram dilarutkan kedalam 100 ml aquades dimasukkan ke dalam *Beaker Glass* (Wulandari dkk., 2018).
  - 2) Kemudian dilakukan pengadukan secara merata menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam hingga menghasilkan larutan kental polimer.
  - 3) Lalu larutan kental polimer dimasukkan kedalam cawan dan dipanaskan di dalam *furnace* dengan suhu 400 °C selama 30 menit untuk pengeringan.

### 3.4 Karakterisasi TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>

Serbuk TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Alat SEM akan memberikan bentuk morfologi permukaan partikel yang direkam oleh detektor, kemudian gambar morfologi tersebut akan dibaca untuk menentukan ukuran partikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>.

### 3.5 Eksperimen Fotodegradasi

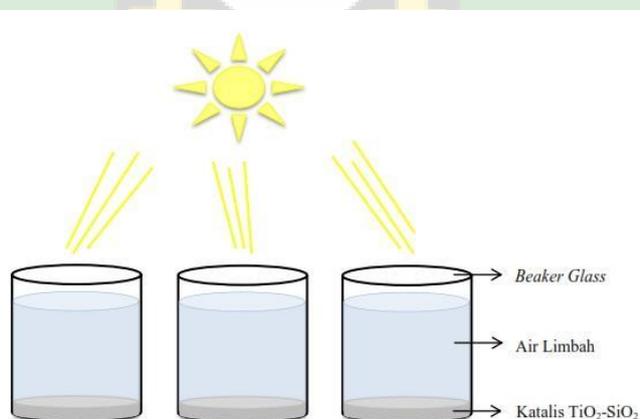
Alat dan bahan eksperimen yang digunakan dalam mendegradasi limbah penatu ditunjukkan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Alat dan Bahan Eksperimen

No	Alat dan Bahan	Unit	Besar	Satuan
1	Nanopartikel TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	-	6,75	Gram
2	Limbah Penatu	-	10	Liter
3	Beaker Glass	9	1000	mL
4	Lux Meter	1	-	Lux

Adapun prosedur kerja dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada waktu 09.00 WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB dengan menggunakan alat Lux Meter agar dapat mengetahui range intensitas cahaya matahari yang digunakan.
2. Sampel sebanyak 1000 mL dimasukkan kedalam 9 masing-masing *beaker glass*.
3. Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> ditambahkan dengan variasi massa 0,5 gram, 0,75 gram, dan 1,0 gram.
4. Penyinaran dilakukan dengan sinar matahari dimulai dari pukul 09:00 WIB selama 5, 6 dan 7 jam yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Skema eksperimen Fotodegradasi

5. Sampel pada masing-masing perlakuan dilakukan pengukuran parameter pH, COD, TSS, Fosfat, dan Kekeruhan.

### 3.6 Pengukuran Parameter

Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Fosfat dan kekeruhan. Parameter ini akan diukur pada sampel sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen agar dapat mengetahui perbandingan tingkat pencemarannya. Hasil dari pengukuran parameter akan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri sabun, deterjen, dan produk minyak nabati dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan *Higiene Sanitasi*, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*. Parameter yang akan dilakukan pengukuran adalah sebagai berikut:

#### 3.6.1 *Power of Hydrogen* (pH)

pH diukur secara langsung dengan menggunakan alat multiparameter agar dapat mengetahui kandungan asam basa yang terdapat didalam limbah sesuai dengan SNI 6898.11:2004. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

1. Elektroda dibilas dengan menggunakan aquades dan dilakukan pengeringan menggunakan tisu.
2. Celupkan elektroda dalam sampel sampai multiparameter menunjukkan pembacaan angka yang stabil.
3. Dicatat hasil pembacaan angka yang ditampilkan dari multiparameter
4. Dilakukan pembilasan kembali pada elektroda dengan menggunakan air mineral setelah dilakukan pengukuran.

#### 3.6.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran COD dilakukan agar dapat mengetahui jumlah bahan organik yang terkandung pada limbah penatu dengan merujuk pada SNI.6989.02.2009. Tahap pengukuran parameter COD yaitu dengan meletakkan sampel air limbah penatu sebanyak 2,5 mL kedalam tabung reaksi yang telah diberikan label nama sesuai variasi eksperimen, lalu ditambahkan dengan  $K_2CR_2O_7$  sebanyak 1,5 mL dan  $H_2SO_4$  sebanyak 3,5 mL dengan menggunakan pipet tetes. Kemudian COD

reactor merk Hanna dipanaskan dengan suhu 150 °C. Lalu tabung reaksi dimasukkan ke dalam reaktor dan diatur waktu selama 2 jam, setelah proses pemanasan selesai tabung reaksi dipindahkan ke rak tabung reaksi untuk pendinginan.

COD diukur dengan menggunakan alat COD meter 571, sebelum digunakan alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan aquades yang dimasukkan ke dalam kuvet hingga muncul angka 0,0 mg/L. Kemudian sampel didalam tabung reaksi dihomogenkan lalu dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur dalam COD meter dengan menekan pilihan *measure* lalu *enter* hingga angka nilai COD muncul.

### 3.6.3 Total Suspended Solid (TSS)

Pengukuran TSS dilakukan dengan pengukuran secara Gravimetri yang merujuk pada SNI 6989.3.2004. pengukuran ini dilakukan agar dapat mengetahui kadar padatan tersuspensi dalam limbah baik berupa bahan organik maupun anorganik. Langkah pengukuran TSS yaitu saringan pada peralatan vakum dibasahkan dengan menggunakan aquades, lalu kertas saringan whatman nomor 42 dicuci dengan aquades untuk mensterilkan kemudian dibiarkan mengering, setelah kering kertas saring dilakukan penimbangan awal. Selanjutnya kertas saring diletakkan pada alat vakum. Kertas saring yang sudah digunakan sesuai dengan variasi perlakuan dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 103 °C. Kertas saring didinginkan dalam desikator dan dilakukan penimbangan hingga memperoleh berat konstan. Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \quad (3.1)$$

dengan A adalah berat kertas saring + residu kering (mg), dan B adalah berat kertas saring (mg).

### 3.6.4 Fosfat

Pengukuran kandungan fosfat dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter sesuai dengan (SNI 6989.20.2004), adapun bahan dan pengujian

dilampirkan pada Lampiran I. Untuk menghitung kandungan fosfat digunakan persamaan 3.2

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times fp \quad (3.2)$$

Dengan C merupakan kadar berdasarkan hasil pengukuran (mg/L) dan fp adalah faktor pengenceran.

### 3.6.5 Tingkat Kekeruhan

Pengukuran turbiditas dilakukan dengan menggunakan alat nefelometer yang merujuk pada SNI 6989.25.2005, langkah pengukuran kekeruhan yaitu tabung nefelometer dicuci menggunakan aquades, lalu sampel dimasukkan kedalam tabung. Alat dibiarkan hingga menunjukkan pembacaan angka yang stabil. Tingkat kekeruhan dihitung dengan persamaan 3.3

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp \quad (3.3)$$

dengan A adalah kekeruhan dalam NTU, dan Fp adalah faktor pengenceran.

### 3.7 Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh pengukuran pH, *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), Fosfat, dan kekeruhan terhadap pengaruh massa dan waktu kontak dianalisis secara statistik menggunakan *statistical product and service solution* (SPSS). Analisis data mampu mencari persentase efektivitas fotodegradasi berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan. Pengukuran efektivitas dilakukan dengan persamaan 3.4 agar dapat mengetahui perbandingan pencemar sebelum dan setelah dilakukan pengolahan.

$$\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan a merupakan nilai pencemar sebelum perlakuan, dan b merupakan nilai setelah perlakuan.

SPSS atau *Statistical Product and Service Solution* merupakan suatu program komputer yang digunakan untuk melakukan perhitungan statistik. Analisis regresi merupakan suatu metode analisis statistik untuk menggambarkan model hubungan keterkaitan antara dua variabel atau lebih. Variabel yang terikat dikelompokkan menjadi variabel bebas (*independen*) sebagai variabel penduga (*predictor*) yang biasa disimbolkan dengan huruf X dan variabel terikat

(*dependen*) sebagai variabel respon yang disimbolkan dengan huruf Y. Analisis regresi sederhana memiliki persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$Y = a + bx \quad (3.5)$$

dimana Y adalah subjek dalam variabel dependen yang diprediksikan, x adalah subjek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu, a adalah parameter intercept, dan b adalah parameter koefisien regresi variabel.



## BAB IV PEMBAHASAN

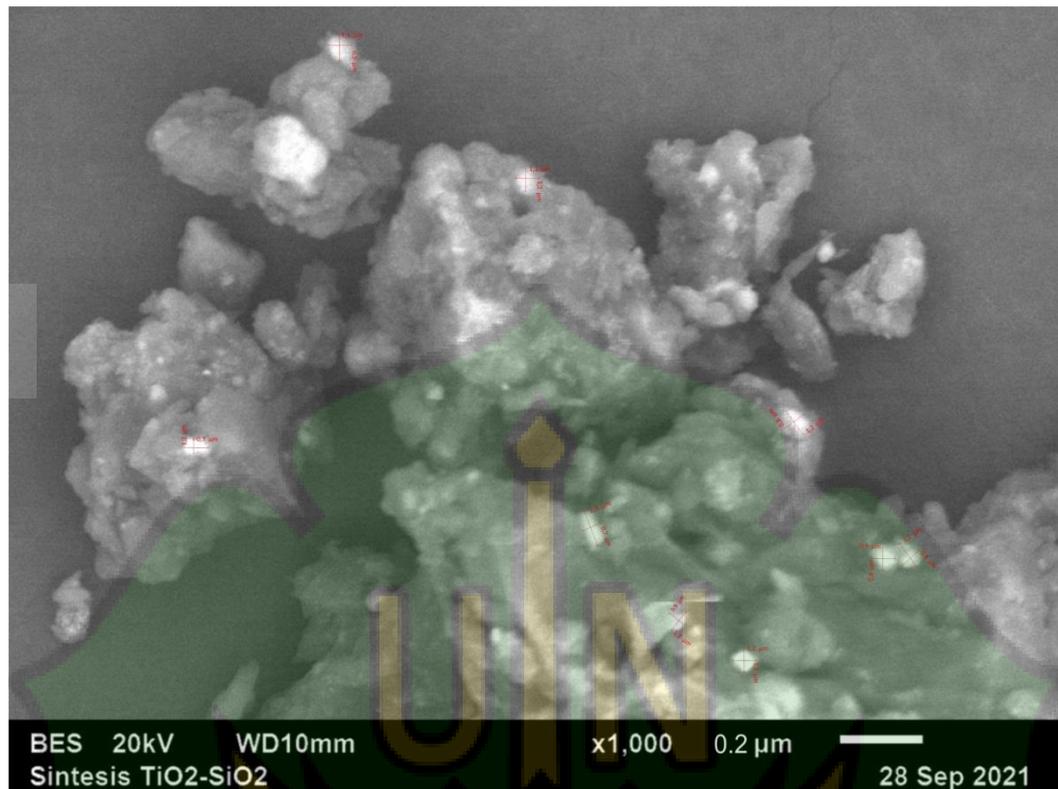
### 4.1. Hasil

Hasil serbuk sintesis nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  ditunjukkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan karakterisasi uji SEM hasil yang didapatkan dari proses sintesis serbuk nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  mengalami aglomerasi dengan ukuran bongkahan yang heterogen seperti yang terdapat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.1.** Serbuk sintesis nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$

Hasil uji ukuran partikel menggunakan ImageJ didapati partikel berskala nanometer dengan ukuran partikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  dalam rentang  $53,85 \pm 13,4$  nm.



**Gambar 4.2.** Uji SEM  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  perbesaran 1000 kali

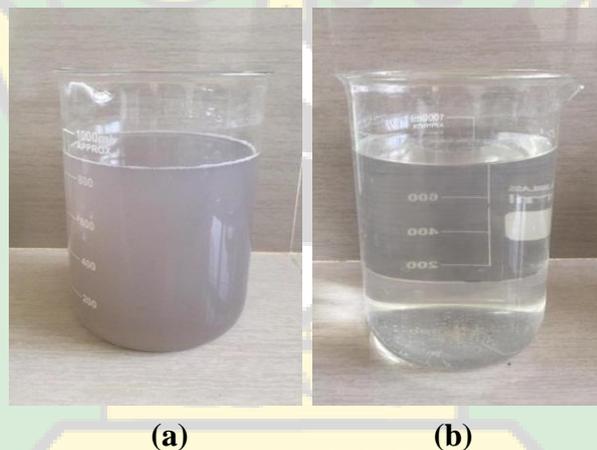
Hasil pengujian sampel menggunakan metode fotodegradasi pada limbah penatu dalam mendegradasi parameter pH, COD, TSS, fosfat dan kekeruhan sebelum perlakuan, setelah perlakuan serta efektivitas eksperimen ditunjukkan pada Tabel 4.1. Limbah yang diolah disinari dengan cahaya matahari sebagai sumber energi foton yang akan memulai terjadinya proses fotodegradasi pada limbah. Hasil pengukuran Intensitas cahaya matahari pada jam 9 memperoleh nilai 886 cd, jam 12 dengan nilai 1.816 cd, dan pada jam 15 dengan nilai 1.327 cd.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa limbah sebelum dilakukan eksperimen melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk parameter pH, COD dan TSS dengan hasil pengukuran masing-masing parameter yaitu pH 8,32, COD 597 mg/L, dan TSS 524 mg/L. Serta peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau kegiatan Industri

Sabun, Deterjen, dan produk Minyak Nabati untuk parameter fosfat dengan nilai 4,05 mg/L. Hasil pengukuran parameter kekeruhan memperoleh nilai 223 NTU.

Hasil pengukuran pH sebelum perlakuan dengan nilai 8,32 tergolong nilai yang mendekati basa, dengan adanya perlakuan variasi massa dan variasi waktu mampu menetralkan nilai pH seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Parameter COD, TSS, fosfat dan kekeruhan terjadi penurunan yang signifikan yaitu pada variasi massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam. Persentase penurunan masing-masing parameter COD sebesar 96,77 %, TSS sebesar 83,78 %, fosfat sebesar 95,31 %, dan kekeruhan sebesar 97,72 %.

Jika dilihat secara fisik air limbah penatu sebelum dilakukan proses fotodegradasi memiliki warna air yang keruh dibandingkan dengan setelah dilakukannya proses fotodegradasi. Pada Gambar 4.3 menunjukkan tampak fisik dari limbah penatu sebelum dan sesudah proses fotodegradasi menggunakan nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ .



**Gambar 4.3** Limbah Penatu (a) sebelum proses fotodegradasi, dan (b) setelah proses fotodegradasi menggunakan nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran sebelum dan setelah dilakukan eksperimen, tingkat efektivitas degradasi parameter pH, COD, TSS, Fosfat dan Kekeruhan dan baku mutu

Variasi Eksperimen		pH		COD (mg/L)			TSS (mg/L)			Fosfat (mg/L)			Kekeruhan (NTU)		
Waktu Kontak (jam)	Massa Katalis (gram)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Efektivitas (%)
5	0,50	8,32	8,10	597,00	155,40	73,97	524,00	256,00	51,15	4,05	0,65	83,95	223,00	56,70	74,57
	0,75		7,80		108,70	81,79		205,00	60,88		0,51	87,41		53,90	75,83
	1,00		7,70		57,30	90,40		194,00	62,98		0,42	89,63		47,90	78,52
6	0,50		8,20		119,80	79,93		221,00	57,82		0,46	88,64		40,30	81,93
	0,75		8,00		93,00	84,42		184,00	64,89		0,30	92,59		33,70	84,89
	1,00		7,70		59,00	90,12		157,00	70,04		0,23	94,32		23,90	89,28
7	0,50		8,20		46,60	92,19		140,00	73,28		0,30	92,59		19,10	91,43
	0,75		8,00		31,30	94,76		115,00	78,05		0,20	95,06		11,50	94,84
	1,00		7,80		19,30	96,77		85,00	83,78		0,19	95,31		5,09	97,72
<b>BAKU MUTU</b>		<b>6-9</b>		<b>100</b>			<b>30</b>			<b>2</b>			<b>-</b>		

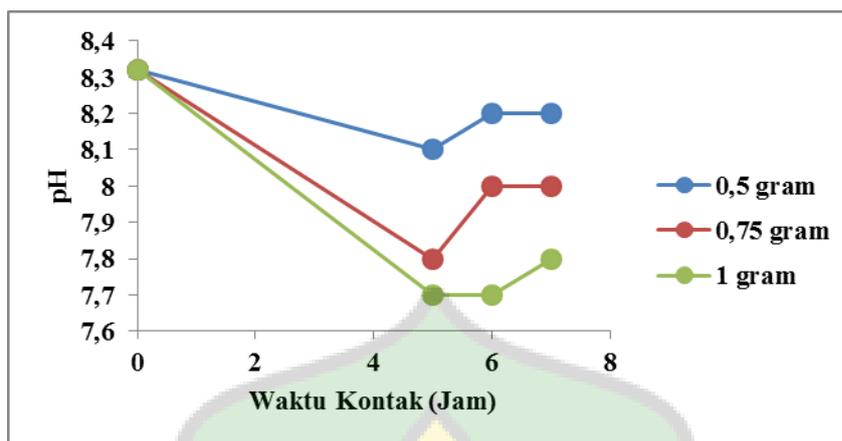
## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1 Karakterisasi ukuran nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>

Hasil karakterisasi uji SEM dengan perbesaran 1.000 kali pada serbuk TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> terlihat mengalami aglomerasi dengan bongkahan yang heterogen. Terjadinya aglomerasi pada partikel ini diperkirakan ada teknikal error seperti keterlambatan dalam proses kalsinasi menggunakan furnace dan penggunaan massa *polietilen glikol* (PEG) yang terlalu banyak sehingga mempengaruhi tingkat keseragaman partikel. Menurut Prastiwi dkk. (2017), semakin banyak jumlah *polietilen glikol* (PEG) 6000 yang digunakan maka larutan akan menjadi lebih kental sehingga menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih besar.

### 4.2.2 Pengaruh massa nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>

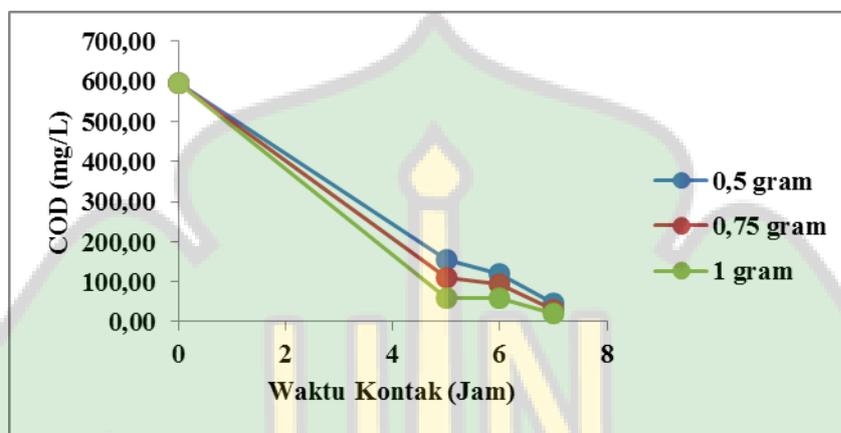
Hasil pengujian parameter pH menunjukkan bahwa massa dapat mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang didapatkan yaitu  $0,001 < 0,05$ . pH limbah penatu sebelum dilakukan perlakuan yaitu 8,3 yang merupakan nilai pH normal air limbah tetapi mendekati nilai pH basa. Perlakuan fotodegradasi pada limbah yang memiliki massa 1 gram dapat merubah nilai pH menjadi lebih kecil yaitu 7,8 sehingga telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Perubahan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4.4. Menurut penelitian Ayuningtyas (2013) menyatakan bahwa semakin kecil nilai pH yang dihasilkan maka dapat meningkatkan persentase proses degradasi karena dengan semakin rendahnya nilai pH maka pembentukan (*hole*) H<sup>+</sup> akan meningkat sehingga menyebabkan hasil degradasi semakin bagus. H<sup>+</sup> akan berinteraksi dengan hidroksida (OH<sup>-</sup>) dan air (H<sub>2</sub>O) sebagai sampel sehingga akan menghasilkan radikal hidroksil (OH). Pada proses fotodegradasi nilai pH berperan dalam pembentukan OH karena OH yang reaktif dalam menyerang molekul organik dan anorganik pada limbah (Andriko dan Sanjaya, 2012) sehingga dapat dikatakan efektif dalam menurunkan parameter yang lain.



**Gambar 4.4** Grafik uji perubahan parameter pH limbah penatu

Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh yaitu  $0,007 < 0,05$  sehingga membuktikan bahwa massa sangat berpengaruh dalam mendegradasi parameter COD. Kandungan COD yang terdapat pada limbah penatu sebelum perlakuan yaitu 597,00 mg/L. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan katalis nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  mampu mendegradasi parameter COD hingga mencapai hasil di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 tahun 2016 yaitu baku mutu COD yang diperbolehkan hanya 100 mg/L. Efektivitas fotodegradasi tertinggi mampu mencapai 96,77 % dalam mendegradasi parameter COD yang menghasilkan nilai yaitu 19,30 mg/L dengan massa nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  1 gram dan lamanya waktu penyinaran sinar matahari selama 7 jam. Persentase efektivitas degradasi terendah yaitu 73,97 % yang mampu mendegradasi COD hanya 155,40 mg/L pada perlakuan massa 0,5 gram nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  dan lamanya waktu penyinaran sinar matahari selama 5 jam. Berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dengan penambahan massa katalis dan lamanya waktu penyinaran mampu meningkatkan proses degradasi. Hal tersebut didukung dengan adanya penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ananda dkk. (2020), membuktikan bahwa  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  mampu menurunkan kadar COD dari 2793,74 mg/L menjadi 254,98 mg/L dengan nilai persentase 90,88 % pada penggunaan massa katalis sebanyak 5 gram. Hal ini dapat diduga bahwa fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$

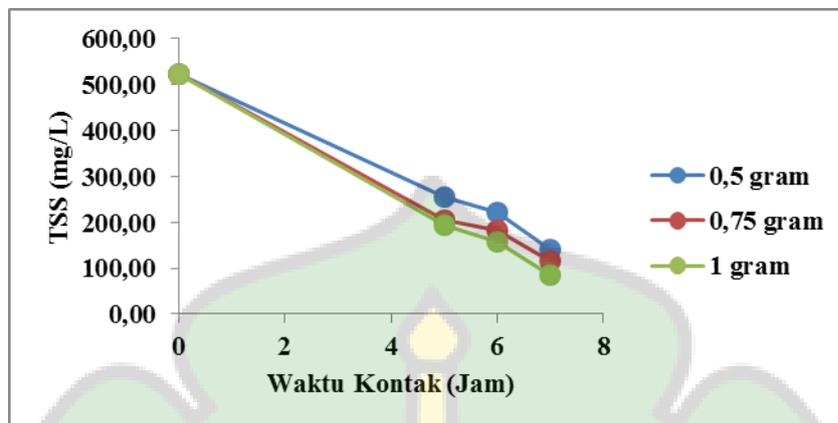
dapat bekerja secara maksimal bila dikontakkan dengan sinar matahari, sehingga dapat menghasilkan radikal hidroksil (OH). Semakin banyak katalis yang digunakan maka radikal hidroksil (OH) yang terbentuk pun akan semakin banyak karena OH yang berperan aktif dalam mendegradasi senyawa organik (Darmawan dan Agung, 2020).



**Gambar 4.5** Grafik uji penurunan parameter COD limbah penatu

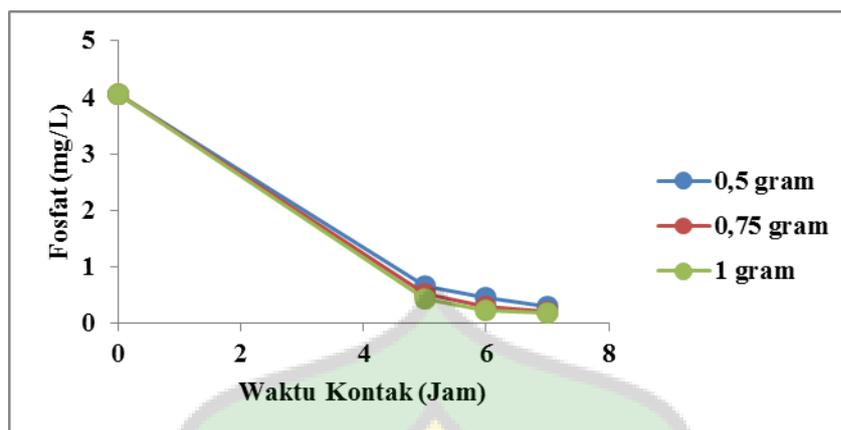
Fotodegradasi parameter TSS berpengaruh terhadap massa yang digunakan, dapat dibuktikan berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang memiliki *output* nilai signifikan yang diperoleh yaitu  $0,001 < 0,05$ . Efektivitas degradasi parameter TSS mampu mencapai 83,78 % pada penggunaan massa 1 gram dan lamanya waktu penyinaran selama 7 jam hingga memperoleh nilai penurunan dari 524,00 mg/L menjadi 85,00 mg/L. Grafik yang terdapat pada Gambar 4.6 dapat terlihat bahwa penurunan TSS terjadi secara signifikan, namun penurunan tersebut tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 tahun 2016 bahwasannya kandungan TSS yang diperbolehkan hanya 30 mg/L. Jika dilihat secara fisik, limbah penatu setelah proses eksperimen terlihat lebih jernih. Dapat diduga padatan tersuspensi tersebut berasal dari katalis yang digunakan sehingga diperlukan tahap pengendapan atau penyaringan lebih lanjut agar dapat memperoleh nilai kandungan TSS yang diinginkan. TSS merupakan padatan tersuspensi yang terdapat di dalam air yang dapat menyebabkan kekeruhan dan

dapat mempengaruhi aktivitas yang ada di lingkungan air limbah tersebut (Novitasari, 2018).



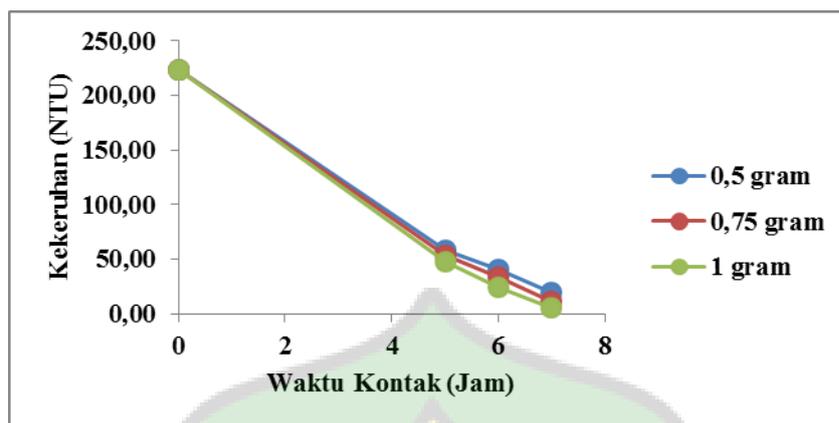
**Gambar 4.6** Grafik uji penurunan parameter TSS limbah penatu

Massa pada proses fotodegradasi parameter fosfat yang terkandung didalam limbah penatu sangat berpengaruh, dan dapat dibuktikan dengan hasil analisis linear berganda yang memperoleh *output* nilai signifikan yaitu  $0,002 < 0,005$ . Grafik yang terdapat pada Gambar 4.7 terlihat bahwa massa yang digunakan sebanyak 1 gram memiliki nilai penurunan kandungan fosfat yang lebih bagus. Efektivitas degradasi tertinggi kandungan fosfat yaitu mencapai 95,31 % dengan penggunaan massa 1 gram dan lamanya waktu penyinaran selama 7 jam. Nilai penurunan kandungan fosfat pada limbah penatu sebelum perlakuan 4,05 mg/L dan setelah perlakuan menjadi 0,19 mg/L. Hasil eksperimen fotodegradasi ini memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 bahwa kandungan fosfat yang diperbolehkan yaitu sebanyak 2 mg/L.



**Gambar 4.7** Grafik uji perubahan parameter Fosfat limbah penatu

Hasil eksperimen dalam mendegradasi kekeruhan pada limbah penatu dipengaruhi dengan bertambahnya massa katalis yang digunakan. Hal ini terbukti dengan hasil analisis regresi linear berganda yang memperoleh nilai yaitu  $0,000 < 0,05$ . Berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 4.8 menunjukkan penurunan hasil degradasi yang baik. Efektivitas nilai kekeruhan terendah yaitu pada penggunaan massa 0,5 gram dan lamanya waktu penyinaran matahari selama 5 jam, pada perlakuan ini hanya mampu memperoleh hasil degradasi 74,57 % dengan nilai penurunan kekeruhan dari 223,00 NTU menjadi 56,70 NTU. Efektivitas degradasi parameter terbaik yaitu pada perlakuan menggunakan massa 1 gram dan lamanya waktu penyinaran selama 7 jam dengan memperoleh persentase degradasi sebesar 97,72 %. Setelah dilakukan proses fotodegradasi, kekeruhan mampu terdegradasi hingga mencapai nilai terbaik yaitu 5,09 NTU. Jika dilihat secara fisik limbah penatu tersebut memiliki warna yang jernih.



Gambar 4.8 Grafik uji perubahan parameter Kekeruhan limbah penatu

#### 4.2.3 Pengaruh Waktu Kontak

Perubahan nilai parameter pH tidak mempengaruhi lamanya waktu penyinaran, hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil analisis regresi linear berganda yang memperoleh nilai yaitu  $0,315 > 0,05$ . Pada perlakuan waktu kontak penyinaran selama 5 jam hasil perubahan nilai pH dengan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 8,10, 7,80 dan 7,70. Pada perlakuan 6 jam hasil perubahan nilai pH dengan massa 0,5, 0,75 dan 1 gram yaitu 8,20, 8,00 dan 7,70. Sedangkan pada perlakuan selama 7 jam dengan massa 0,5, 0,75 dan 1 gram yaitu 8,20, 8,00 dan 7,80. Pada perlakuan ini terlihat bahwa nilai perubahan tidak stabil seiring bertambahnya waktu kontak.

Parameter COD berpengaruh terhadap variasi lamanya waktu penyinaran dalam penurunan pencemar yang telah dibuktikan dengan hasil analisis regresi linear berganda, *output* nilai signifikan yang diperoleh yaitu  $0,003 < 0,05$ . Jika dilihat pada Gambar 4.5 terlihat bahwa nilai COD menurun seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Pada perlakuan fotodegradasi dengan waktu kontak selama 5, 6 dan 7 jam dengan massa 1 gram diperoleh persentase fotodegradasi mencapai 90,40%, 92,12% dan 96,77%. Terlihat bahwa semakin lama dilakukan penyinaran maka interaksi antara sinar matahari, limbah dan katalis nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  pun semakin meningkat sehingga semakin banyak pula energi foton yang diserap oleh fotokatalis dan molekul air sehingga proses fotodegradasi terjadi semakin efektif (Astuti, 2018).

Hasil eksperimen fotodegradasi parameter TSS menunjukkan bahwa lamanya waktu penyinaran berpengaruh terhadap proses degradasi. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda memperoleh *output* nilai signifikan yaitu  $0,000 < 0,05$ . Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa nilai TSS menurun seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Pada perlakuan dengan massa 0,5 gram dan waktu kontak selama 5, 6, dan 7 jam memperoleh nilai persentase degradasi yaitu 51,15 %, 57,82 %, dan 73,28 %. Pada perlakuan 0,75 gram dengan waktu kontak 5, 6, dan 7 jam memperoleh nilai persentase degradasi yaitu 60,88 %, 64,89%, dan 78,05 %. Sedangkan pada perlakuan menggunakan massa 1 gram dengan waktu kontak selama 5, 6, dan 7 jam mampu memperoleh nilai persentase degradasi mencapai 62,98 %, 70,40 %, dan 83,78 %. Terlihat bahwa nilai degradasi semakin meningkat dengan bertambahnya waktu kontak.

Eksperimen fotodegradasi parameter fosfat berpengaruh terhadap lamanya waktu penyinaran. Hasil analisis regresi linear berganda memperoleh hasil signifikan yaitu  $0,000 < 0,05$ . Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat bahwa kadar fosfat mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama waktu penyinaran. Pada perlakuan menggunakan massa 1 gram dengan lamanya waktu penyinaran selama 5, 6, dan 7 jam memperoleh nilai efektivitas yaitu 89,63 %, 94,32 %, dan 95, 31 %. Hasil tersebut terlihat bahwa kadar fosfat menurun seiring bertambahnya lama waktu penyinaran sinar matahari. Menurut Ayuningtyas (2013), lamanya waktu penyinaran akan memberi pengaruh pada aktivitas fotokatalis, jika semakin lama dilakukan penyinaran sinar matahari maka akan semakin banyak elektron yang terus tereksitasi sehingga mampu meningkatkan aktivitas proses fotodegradasi.

Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh yaitu  $0,000 < 0,05$  sehingga membuktikan bahwa waktu penyinaran sangat berpengaruh dalam mendegradasi kekeruhan. Pada perlakuan dengan massa 1 gram dan lamanya waktu kontak selama 5, 6 dan 7 jam memperoleh nilai efektivitas yaitu 74,57 %, 81,93 %, dan 91, 43 %. Terlihat bahwa eksperimen ini menunjukkan kekeruhan pada limbah penatu berkurang seiring bertambahnya waktu penyinaran, jika penyinaran dilakukan semakin lama maka hasil yang diperoleh pun akan semakin bagus. Pada Gambar 4.8 terlihat

bahwa penurunan kekeruhan menunjukkan hasil yang baik. Jika dilihat secara fisik limbah penatu setelah dilakukan fotodegradasi memperoleh hasil air limbah yang lebih jernih dibandingkan dengan sebelum dilakukannya fotodegradasi. Pada proses fotodegradasi katalis akan berinteraksi dengan air limbah setelah dilakukan penyinaran menggunakan sinar matahari, sehingga terbentuk pasangan elektron ( $e^-$ ) dan *hole* ( $h^+$ ).  $H^+$  yang terbentuk akan bereaksi dengan air pada permukaan katalis sehingga membentuk  $OH^-$  dan elektron akan mereduksi  $O_2$  sehingga akan terbentuk  $O_2^-$ .  $OH^-$  akan membentuk radikal hidroksil ( $OH$ ) yang memiliki sifat aktif dan berlanjut dalam mengurai senyawa organik target (Maldotti dkk., 2001).



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Ukuran serbuk nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  berdasarkan 18 titik uji menggunakan imagej didapati partikel berskala nanometer dengan rentang ukuran  $53,85 \pm 13,4$  nm.
2. Massa nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  berpengaruh terhadap efektivitas proses fotodegradasi, hasil analisis regresi linear berganda memperoleh nilai 0,001 untuk parameter pH, 0,007 parameter COD, 0,001 parameter TSS, 0,002 parameter fosfat, dan 0,000 parameter kekeruhan. Nilai perubahan pH menjadi 7,80, efektivitas degradasi nilai COD mencapai 96,77%, degradasi kadar TSS mencapai 83,78%, degradasi nilai fosfat mencapai 95,31 %, dan degradasi parameter kekeruhan mencapai 97,72%.
3. Waktu kontak mempengaruhi efektivitas proses fotodegradasi, hasil analisis regresi linear berganda memperoleh nilai untuk parameter COD yaitu 0,003, parameter TSS yaitu 0,000, parameter fosfat yaitu 0,000, dan parameter kekeruhan 0,000. Nilai efektivitas proses degradasi COD mencapai 96,77%, degradasi kadar TSS mencapai 83,78%, degradasi nilai fosfat mencapai 95,31 %, dan degradasi parameter kekeruhan mencapai 97,72%.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas metode sedimentasi/pengendapan pada limbah sebelum dilakukannya proses fotokatalis.
2. Perlu dilakukan pengembangan metode penyaringan partikel yang tidak dapat disisihkan oleh katalis nanopartikel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M., Farmasi, F., Padjadjaran, U., Raya, J., & Km, J. (2009). *Farmaka Nanopartikel Dengan Gelasi Ionik. Jurnal Farmaka. 15*, 45–52.
- Aliah, H., Nurasih, A. ., Karlina, Y., Arutanti, O., Sustini, E., Budiman, M., & Abdullah, M. (2012). Optimalisasi Durasi Pelapisan katalis TiO<sub>2</sub> pada Permukaan Polipropilen serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Metilen Biru. *Prosiding Seminar Nasional Material, Fisika-Institut Teknologi Bandung. 58–61*.
- Andarini, N., dan Sarosa, Y. (2015). Sintesis Fotokatalis Lapisan TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Untuk Fotodegradasi Pestisida Diazinon. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. 96–100*.
- Andriko, N., dan Sanjaya, H. (2012). Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna Methylene Blue Pada Reaktor Fotokatalitik TiO<sub>2</sub> dengan Penambahan SiO<sub>2</sub>. *Chemistry Journal Of State University of Padang. 1(1)*, 42–47.
- Ananda. I.F., Mochtado. F.A., dan Dewati.R. (2020). Aplikasi Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Untuk Menurunkan Kandungan BOD dan COD pada Limbah Tekstil. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono*.
- Astuti, F. (2018). Efek Fotodegradasi Pada Pengolahan Surfaktan Anionik Dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 2(1)*.
- Arutanti. O., Abdullah. M., Khairurrijal., dan Mahfudz. H. (2009). Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida ( TiO<sub>2</sub> ). *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. 4*, 2–4.

- Ayuningtyas, A. K. (2013). Reduksi Logam Berat Kromium ( Vi ) Dengan Fotokatalis Komposit  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ . *Skripsi Universitas Sebelas Maret*.
- Basthomi. I. A. (2016). Sintesis Karakterisasi dan Uji Aktivitas Fotokatalis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) Anatase Terdoping Vanadium (III) menggunakan Metode Sonikasi. *Thesis Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Budiany, R., Yayok, S., dan Mohamad, M. (2014). Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(1), 15–22.
- Darmawan, M. D., dan Agung R, T. (2020). Penyisihan Linear Alkylbenzene Sulfonate ( Las ) Dan Total Dissolved Solid ( Tds ) Menggunakan Proses Fotokatalis Dengan Kombinasi katalis  $\text{TiO}_2$  -  $\text{ZnO}$ . *Jurnal Envirotek*, 12(1), 35–43.
- Dwiasi, D., dan Setyaningtyas, T. (2014). Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  - Sinar Matahari. *Molekul*, 9(1), 56.
- Fatimah, I., dan Wijaya, K. (2005). Sintesis  $\text{TiO}_2/\text{Zeolit}$  Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267.
- Fitriana, F. U. (2017). Pengolahan Air Dengan Fotokatalis Menggunakan Katalis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) Dan Parameter Operasi Yang Mempengaruhinya. *Zenodo*
- Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. *Jurnal Redoks*, 5(2), 72-75.

- Gunawan, I. (2011). Efek Waktu *Milling* terhadap Karakteristik Partikel Kapur Alam dengan Menggunakan *X-Ray Diffraction*. *Jurnal kimia kemasan*, 3(1).
- Hendra., Barlian. E., Razak. A., dan Sanjaya, H. (2016). Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using Uv Rays With Addition of Tio<sub>2</sub> Catalysts in Laundry Waste. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 59.
- Indragini. (2011). Degradasi 4,4' dikloro Bifenil dengan Kombinasi Proses Fotokatalis dan Radiasi Gamma Menggunakan Nanokomposit Karbon Aktif-Zeolit Alam-TiO<sub>2</sub>. *Tesis Fakultas Teknik UI*.
- Kusrini, E., dan Afrozi, A. S. (2012). Photocatalytic Reforming of Glycerol-Water Over Nitrogen- and Nickel-Doped Titanium Dioxide Nanoparticles. *International Journal of Engineering & Technology*, 12(6), 47–53.
- Lubis. R. Y., dan Nasution. M. I. (2021). Sintesis dan Karakterisasi dari TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan Doping CuO<sub>2</sub> menggunakan Metode Kopresipitasi. *EINSTEIN (e-Journal)*.
- Maldotti, A., Andreotti, L., Molinari, A., Varani, G., Cerichelli, G., dan Chiarini, M. (2001). Photocatalytic properties of iron porphyrins revisited in aqueous micellar environment: Oxygenation of alkenes and reductive degradation of carbon tetrachloride. *Green Chemistry*, 3(1).
- Maretta, A., dan Helmy. Q. (2015). Degradasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulfat Dengan Proses Fotokatalisis Menggunakan Nanopartikel ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21, 1–8.
- Novitasari. V. (2018). Analisis Perubahan Warna, TSS, pH, dan COD Limbah Cair Industri Lurik Dengan Metode Elektrokodasi. *Tesis Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*.151(2), 10–17.

- Nugroho. J. D. (2020). Pengaruh Waktu dalam Proses Sintesis dengan *Shaker Milling* terhadap Ukuran Partikel Kaolin. *Tesis Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*. 14–16.
- Putro, R. K., Setiawan. Y. G., dan Agung. R. (2019). Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry Dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 25–30.
- Patravale, V. B., Abhijid. A., dan Kulkarni. R. M. (2004). Nanosuspensions : A promising drug delivery strategy. *Review Article*.
- Prastiwi, W. D., Maulana, K. D., Wibowo, E. A. P., Aji, N. R., dan Setyani, A. (2017). Synthesis And Characteristics Of TiO<sub>2</sub> And SiO<sub>2</sub> Application Toward Levels Of Fe In The Well Water. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 30–34.
- Purnama, I. G. H., dan Purnama. S. G. (2015). Pengolahan Air Limbah Penatu (Laundry) Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan ( Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands ). *Laporan Penelitian Dosen Muda*..
- Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Nandiyanto, A. B. D., dan Mudzakir, A. (2014). Review : Sintesis Titanium Dioksida Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 15–29.
- Rahmawati. H. (2007). Chemical Modification Of Interleukin-10 With Mannose 6-Phosphate Groups Yields A Liver-Selective Cytokine. *Artikel*.
- Rajendran, V. (2010). Synthesis Of Nano Tio<sub>2</sub>-Sio<sub>2</sub> Composite Using Sol-Gel Method: Effect On Size, Surface Morphology And Thermal Stability. 2(8), 3695–3700.
- Rilda, Y., Dharma, A., Arief, S., Alief, A., dan Shaleh, B. (2011). Efek Doping Ni

(li) Pada Aktivitas Fotokatalitik Dari  $\text{TiO}_2$  Untuk Inhibisi Bakteri Patogen. *MAKARA of Science Series*, 14(1), 7–14.

Rohmah, N. (2015). Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis Ni-N-TiO<sub>2</sub> Menggunakan Metode Sol Gel Untuk Degradasi Metilen Biru. *Skripsi Universitas Semarang*.

Soraya Santi, S. (2009). Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Limbah Deterjen Dengan Proses Photokatalitik Sinar Uv. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(1), 260–264.

Sturini, M., Speltini, A., Maraschi, F., Profumo, A., Pretali, L., Irastorza, E. A., Fasani, E., dan Albini, A. (2012). Photolytic and photocatalytic degradation of fluoroquinolones in untreated river water under natural sunlight. *Applied Catalysis B: Environmental*, 119–120.

Suhadiyah, S. R. I., Johannes, E. V. A., dan Umar, M. R. (2016). Akumulasi Cemaran Plumbum ( Pb ) dan Kadmium ( Cd ) Pada Tumbuhan Lotus *Nelumbo nucifera Gaertn* di Kanal Daya dan Danau Balang Tonjong Antang Makassar. *Prosiding Seminar Nasional From Basic Science to Comprehensive Education*, 156–158.

Supriyanto, E., Holikin, A., dan Suwardiyanto. (2014). The thermal annealing effect on crystal structure and morphology of Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) powder. *Jurnal ILMU DASAR*, 15(1), 37.

Sutanto, H., Diponegoro, U., Hidayanto, E., Diponegoro, U., Subagio, A., Diponegoro, U., Widiyandari, H., dan Diponegoro, U. (2011). Pembuatan Sistem Pengolah Air Bersih Menggunakan Material Fotokatalis Titania ( $\text{TiO}_2$ ). *Semnas Sains Dan Teknologi*, 21–26.

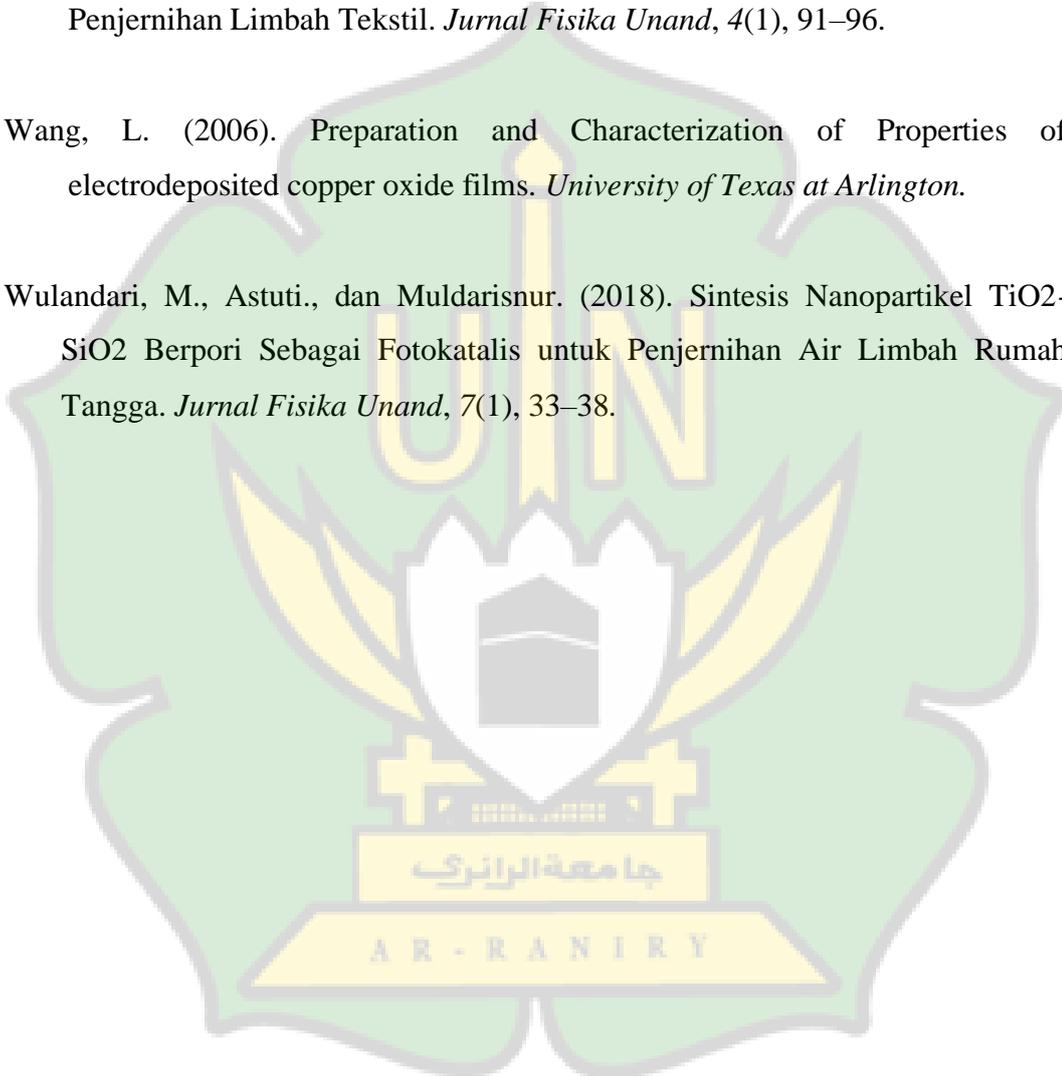
Tjahjanto, R. T., dan Jarnuzi, G. (2001). Preparasi Lapisan Tipis  $\text{TiO}_2$  sebagai

Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan Preparasi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis. *Makara, Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*, 5(2), 81–90.

Tussa'adah, R., dan Astuti. (2015). Sintesis Material Fotokatalis Tio<sub>2</sub> Untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 91–96.

Wang, L. (2006). Preparation and Characterization of Properties of electrodeposited copper oxide films. *University of Texas at Arlington*.

Wulandari, M., Astuti., dan Muldarisnur. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Berpori Sebagai Fotokatalis untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 33–38.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Eksperimen

	
Persiapan bahan sintesis	Proses sintesis $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$
	
Katalis Nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$	Persiapan bahan fotodegradasi
	
Proses fotodegradasi	Proses fotodegradasi



Limbah sebelum perlakuan



Limbah setelah perlakuan



Pengukuran pH



Reaksi pengukuran COD



Pemanasan COD reaktor selama 2 jam



Pengukuran COD



Proses pengukuran TSS



Penimbangan kertas saring TSS



Proses pengukuran kekeruhan



Proses pengukuran kekeruhan



Proses pengukuran intensitas cahaya



Perbandingan hasil setelah perlakuan

## Lampiran 2. Perhitungan TSS

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai TSS adalah:

$$\text{TSS mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}}$$

Dengan A merupakan berat dari residu kering ditambah kertas saring dan B merupakan berat dari kertas saring (mg).

- Air limbah penatu sebelum perlakuan

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2651-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 524,00 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,5 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2383-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 256,00 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2332-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 205,00 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2321-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 194,00 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,5 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2348-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 221,00 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2311-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 184,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2284-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 157,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,5 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2267-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 140,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2242-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 115,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2212-0,2127) \times 1000}{0,1} \\ &= 85,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi

Hasil persentase nilai efektivitas proses fotodegradasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efektivitas fotodegradasi} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dengan a merupakan nilai konsentrasi awal sebelum perlakuan dan b merupakan konsentrasi setelah dilakukan perlakuan fotokatalis.

#### 1. Parameter COD

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-155,40}{597,00} \times 100\% \\ &= 73,97\%\end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-108,70}{597,00} \times 100\% \\ &= 81,79\%\end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-57,30}{597,00} \times 100\% \\ &= 90,40\%\end{aligned}$$

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-119,80}{597,00} \times 100\% \\ &= 79,93\%\end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-93,00}{597,00} \times 100\% \\ &= 84,42\%\end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-59,00}{597,00} \times 100 \% \\ &= 90,12 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-46,60}{597,00} \times 100 \% \\ &= 92,19 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-31,30}{597,00} \times 100 \% \\ &= 94,76 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{597,00-19,30}{597,00} \times 100 \% \\ &= 96,77 \% \end{aligned}$$

## 2. Parameter TSS

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{524,00-256,00}{524,00} \times 100 \% \\ &= 51,15 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{524,00-205,00}{524,00} \times 100 \% \\ &= 60,88 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 5 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-194,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 62,98 \%$
- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-221,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 57,82 \%$
- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-184,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 64,89 \%$
- Massa 1 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-157,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 70,04 \%$
- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-140,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 73,28 \%$
- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{524,00-115,00}{524,00} \times 100 \%$   
 $= 78,05 \%$
- Massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$

$$= \frac{524,00-85,00}{524,00} \times 100 \%$$

$$= 83,78 \%$$

### 3. Parameter Fosfat

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,65}{4,05} \times 100 \% \\ &= 83,95 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,51}{4,05} \times 100 \% \\ &= 87,41 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,42}{4,05} \times 100 \% \\ &= 89,63 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,46}{4,05} \times 100 \% \\ &= 88,64 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,30}{4,05} \times 100 \% \\ &= 92,59 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,23}{4,05} \times 100 \% \end{aligned}$$

$$= 94,32 \%$$

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,30}{4,05} \times 100 \% \\ &= 92,59 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,20}{4,05} \times 100 \% \\ &= 95,06 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{4,05-0,19}{4,05} \times 100 \% \\ &= 95,31 \% \end{aligned}$$

#### 4. Parameter Keketuhan

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{223,00-56,70}{223,00} \times 100 \% \\ &= 74,57 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{223,00-53,90}{223,00} \times 100 \% \\ &= 75,83 \% \end{aligned}$$

- Massa 1 gram dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{223,00-47,90}{223,00} \times 100 \% \\ &= 78,52 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-40,30}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 81,93 \%$
- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-33,70}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 84,89 \%$
- Massa 1 gram dengan waktu kontak 6 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-23,90}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 89,28 \%$
- Massa 0,5 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-19,10}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 91,43 \%$
- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-11,50}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 94,84 \%$
- Massa 1 gram dengan waktu kontak 7 jam  
Efektivitas fotodegradasi  $= \frac{a-b}{a} \times 100\%$   
 $= \frac{223,00-5,09}{223,00} \times 100 \%$   
 $= 97,72 \%$

## Lampiran 4. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

### 1. Regression massa dan waktu (jam) terhadap pH

**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa <sup>a</sup>		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: pH

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.939 <sup>a</sup>	.881	.841	.07454

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.247	2	.123	22.200	.002 <sup>a</sup>
	Residual	.033	6	.006		
	Total	.280	8			

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

b. Dependent Variable: pH

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.333	.206		40.526	.000
	Massa	-.800	.122	-.926	-6.573	.001
	Waktu Kontak	.033	.030	.154	1.095	.315

a. Dependent Variable: pH

### 2. Regression massa dan waktu (jam) terhadap parameter COD

**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa <sup>a</sup>		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: COD

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.932 <sup>a</sup>	.869	.825	18.87042

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14156.013	2	7078.007	19.877	.002 <sup>a</sup>
	Residual	2136.556	6	356.093		
	Total	16292.569	8			

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

b. Dependent Variable: COD

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	394.011	52.060		7.568	.000
	Massa	-124.133	30.815	-.596	-4.028	.007
	Waktu Kontak	-37.367	7.704	-.717	-4.850	.003

a. Dependent Variable: COD

### 3. Regression massa dan waktu (jam) terhadap parameter TSS

**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TSS

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.977 <sup>a</sup>	.954	.939	12.97897

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	20916.833	2	10458.417	62.085	.000 <sup>a</sup>
	Residual	1010.722	6	168.454		
	Total	21927.556	8			

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

b. Dependent Variable: TSS

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	568.778	35.807		15.885	.000
	Massa	-126.667	21.195	-.524	-5.976	.001
	Waktu Kontak	-49.833	5.299	-.824	-9.405	.000

a. Dependent Variable: TSS

**4. Regression massa dan waktu (jam) terhadap parameter Fosfat**

**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Fosfat

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.968 <sup>a</sup>	.937	.916	.04581

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.186	2	.093	44.365	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.013	6	.002		
	Total	.199	8			

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

b. Dependent Variable: Fosfat

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.537	.126		12.165	.000
	Massa	-.380	.075	-.522	-5.080	.002
	Waktu Kontak	-.148	.019	-.815	-7.932	.000

a. Dependent Variable: Fosfat

**5. Regression massa dan waktu (jam) terhadap parameter kekeruhan**

**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kekeruhan

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.997 <sup>a</sup>	.993	.991	1.77464

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2769.953	2	1384.977	439.767	.000 <sup>a</sup>
	Residual	18.896	6	3.149		
	Total	2788.849	8			

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak, Massa

b. Dependent Variable: Kekeruhan

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	174.869	4.896		35.717	.000
	Massa	-26.140	2.898	-.303	-9.020	.000
	Waktu Kontak	-20.468	.724	-.949	-28.252	.000

## Lampiran 5. Baku Mutu



**MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA**

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK  
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA  
MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang :

- bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (2) huruf b Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Menteri mengatur ketentuan mengenai baku mutu air limbah;
- bahwa air limbah domestik yang dihasilkan dari skala rumah tangga dan usaha dan/atau kegiatan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke media lingkungan;
- bahwa berdasarkan ketentuan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;

LAMPIRAN I  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 - 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

\*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan aslinya

KEPALA BIRO HUKUM,



KRISNA RYA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN  
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

SITI NURBAYA



**SALINAN**

-1-

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 5 TAHUN 2014

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) huruf b, Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah;
- Mengingat** :
1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2009 nomor 140);
  2. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3816);
  3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
  4. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 4737);
  5. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2012 nomor 48);

6. Peraturan ...

LAMPIRAN X  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 5 TAHUN 2014  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN  
INDUSTRI SABUN, DETERJEN DAN PRODUK-PRODUK MINYAK NABATI

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)		
		Sabun	Minyak Nabati	Deterjen
BOD <sub>5</sub>	75	0,60	1,88	0,075
COD	180	1,44	4,50	0,180
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,375	0,015
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	2	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,003
pH		6,0 - 9,0		
Debit Limbah Paling Tinggi sabun		8 m <sup>3</sup> per ton Produk sabun	25 m <sup>3</sup> per ton produk minyak nabati	1 m <sup>3</sup> per ton Produk deterjen

Catatan:

1. Kadar paling tinggi untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
2. Beban pencemaran paling tinggi untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kg parameter per ton produk sabun, minyak nabati dan deterjen.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Humas

Rosa Vivien Ratnawati

## Lampiran 6. Metode Pengujian Parameter

### 1. Pengujian parameter pH

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.11-2004



**Air dan air limbah –  
Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH)  
dengan menggunakan alat pH meter**

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional

**BSN**

**SNI 06-6989.11-2004**

**4.3 Peralatan**

- a) pH meter dengan perlengkapannya;
- b) pengaduk gelas atau magnetik;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) kertas tissue;
- e) timbangan analitik; dan
- f) termometer.

**4.4 Persiapan pengujian**

- a) Lakukan kalibrasi alat pH-meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran.
- b) Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar.

**4.5 Prosedur**

- a) Keringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.
- b) Bilas elektroda dengan contoh uji.
- c) Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- d) Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

**5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu**

**5.1 Jaminan mutu**

- a) Gunakan bahan kimia berkualitas pro analisis (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi dan terkalibrasi.
- c) Gunakan pH meter yang terkalibrasi
- d) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- e) Lakukan analisis segera atau lakukan analisis di lapangan.

**5.2 Pengendalian mutu**

- a) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis.
- b) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis dengan CRM.

2. Pengujian parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

**SNI**

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.2:2009

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"



**Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri**

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional



### 3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak (400 nm sampai dengan 700 nm);
- b) kuvet;
- c) *digestion vessel*, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (*heating block*);

**CATATAN** Jangan menggunakan oven.

- e) buret;
- f) labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; 250,0 mL; 500,0 mL dan 1000,0 mL;
- g) pipet volumetrik 5,0 mL; 10,0 mL; 15,0 mL; 20,0 mL dan 25,0 mL;
- h) gelas piala;
- i) *magnetic stirrer*; dan
- j) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.

### 3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

#### 3.4.1 Persiapan contoh uji

- a) homogenkan contoh uji;

**CATATAN** Contoh uji dihaluskan dengan blender bila mengandung padatan tersuspensi.

- b) cuci *digestion vessel* dan tutupnya dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20 % sebelum digunakan;

#### 3.4.2 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan dengan menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam pendingin pada temperatur 4 °C ± 2 °C dengan waktu simpan maksimum yang direkomendasikan 7 hari.

### 3.5 Pembuatan larutan kerja

Buat deret larutan kerja dari larutan induk KHP dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional yang berada pada rentang pengukuran.

### 3.6 Prosedur

#### 3.6.1 proses *digestion*

- a) pipet volume contoh uji atau larutan kerja, tambahkan *digestion solution* dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 - Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam *digestion vessel*

<i>Digestion Vessel</i>	Contoh uji (mL)	<i>Digestion solution</i> (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
<b>Tabung kultur</b>				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
<b>Standar Ampul:</b>				
10 mL	2,50	1,50	3,5	7,5

- b) tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen;  
 c) letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150 °C, lakukan reflus selama 2 jam.

**CATATAN** Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan menyebabkan ledakan tinggi pada suhu 150 °C.

### 3.6.2 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- a) hidupkan alat dan optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD. Atur panjang gelombangnya pada 600 nm atau 420 nm;  
 b) ukur serapan masing-masing larutan kerja kemudian catat dan plotkan terhadap kadar COD;  
 a) buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.7.1.b) di atas dan tentukan persamaan garis lurusnya;  
 b) jika koefisien korelasi regresi linier ( $r$ ) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.7.1 a) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien  $r \geq 0,995$ .

### 3.6.3 Pengukuran contoh uji

#### 3.6.3.1 Untuk contoh uji COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L

- a) dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;  
 b) biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih;  
 c) ukur serapan contoh uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (600 nm);  
 d) hitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi;  
 e) lakukan analisa duplo.

#### 3.6.3.2 Untuk contoh uji COD lebih kecil dari atau sama dengan 90 mg/L

- a) dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;  
 b) biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih;  
 c) gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi;  
 d) ukur serapannya contoh uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm);  
 e) hitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi;  
 f) lakukan analisa duplo.

**CATATAN** Apabila kadar contoh uji berada di atas kisaran pengukuran, lakukan pengenceran.

3. Pengujian parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.3-2004



**Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri**

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional

**BSN**

## **SNI 06-6989.3-2004**

- f) gelas ukur;
- g) cawan aluminium;
- h) cawan porselen/cawan *Gooch*;
- i) penjepit;
- j) kaca arloji; dan
- k) pompa vacum.

### **3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji**

#### **3.4.1 Persiapan contoh uji**

Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.

#### **3.4.2 Pengawetan contoh**

Awetkan contoh uji pada suhu 4°C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.

#### **3.4.3 Pengurangan gangguan**

- a) Pisahkan partikel besar yang mengapung.
- b) Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
- c) Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
- d) Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

### **3.5 Persiapan pengujian**

#### **3.5.1 Persiapan kertas saring atau cawan *Gooch***

- a) Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- b) Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan..
- c) Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- d) Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

#### **3.6 Prosedur**

- a) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik

- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

### 3.7 Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

- A adalah berat kertas saring + residu kering, mg;
- B adalah berat kertas saring, mg.

## 4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

### 4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- a) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- b) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- c) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 24 jam

### 4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- b) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different* atau RPD) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah di bawah 5%, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{RPD} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

- X<sub>1</sub> adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

4. Pengujian parameter Fosfat

Air dan air limbah – Bagian 20 : Cara uji sulfat,  $\text{SO}_4^{2-}$   
secara turbidimetri

- c) Tambahkan 20 mL larutan buffer dan homogenkan dengan cara di aduk menggunakan pengaduk magnet pada kecepatan tetap selama  $(60 \pm 2)$  detik, sambil di aduk tambahkan 0,2 g sampai dengan 0,3 g barium klorida,  $BaCl_2$ .
- d) Lakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm setelah  $(5 \pm 0,5)$  menit penambahan barium klorida.
- e) Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.

### 3.6 Prosedur

- a) Gunakan 100,0 mL contoh uji, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL.
- b) Lakukan analisis pada langkah 3.5.3 butir b) sampai dengan d).
- c) Lakukan analisis duplo / triplo.
- d) Buat *spike matrix* dengan cara sebagai berikut:
  - ambil 50 mL contoh uji, di tambah 20 mL larutan baku sulfat 1,0 mg/mL dan encerkan dengan air suling hingga volumenya 100,0 mL, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL;
  - lakukan langkah 3.6 a) sampai dengan 3.6 b).

### 3.7 Perhitungan

$$\text{Konsentrasi sulfat (mg/L)} = C \times f$$

dengan pengertian:

- C adalah konsentrasi contoh uji hasil pengukuran;
- f adalah faktor pengenceran.

## 4 Rekomendasi

Untuk kontrol akurasi lakukan salah satu cara sebagai berikut:

- a) Analisis CRM  
Lakukan analisis *Certified Reference Material* (CRM) untuk kontrol akurasi.
- b) Analisis *blind sample*.
- c) Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- d) Untuk kontrol gangguan matriks lakukan analisis *spike matrix*. Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

5. Pengujian parameter Kekeruhan

# SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.25-2005



**Air dan air limbah – Bagian 25 : Cara uji kekeruhan dengan nefelometer**

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

ICS 13.060.01

Badan Standardisasi Nasional



## SNI 06-6989.25-2005

- e) suspensi baku kekeruhan 40 NTU  
Encerkan 10 mL suspensi induk kekeruhan 4000 UKN menjadi 1000 mL dengan air suling.

CATATAN Siapkan suspensi baku ini setiap kali pengujian.

### 3.3 Peralatan

- nefelometer;
- gelas piala;
- botol semprot;
- pipet volume 5 mL dan 10 mL;
- neraca analitik; dan
- labu ukur 100 mL dan 1000 mL.

### 3.4 Prosedur pengujian

#### 3.4.1 Kalibrasi nefelometer

- optimalkan nefelometer untuk pengujian kekeruhan, sesuai petunjuk penggunaan alat;
- masukkan suspensi baku kekeruhan (misalnya 40 NTU) ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- atur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku (misalnya 40 NTU).

#### 3.4.2 Penetapan contoh uji

- cuci tabung nefelometer dengan air suling;
- kocok contoh dan masukkan contoh ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- catat nilai kekeruhan contoh yang teramat.

### 3.5 Perhitungan

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp$$

dengan pengertian:

- A adalah kekeruhan dalam NTU contoh yang diencerkan;  
fp adalah faktor pengenceran.

## 4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

### 4.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia *pro analysis* (p.a).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminan.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.

## Lampiran 7. Hasil Uji Pendahuluan



**Kementerian Perindustrian**  
REPUBLIK INDONESIA

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI**  
**BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI**  
**LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)**  
Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0615) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642  
E-mail: brs\_brs@yahoo.com Website: http://baristandaceh.kemperin.go.id



**KAN**  
Laboratorium Pengujian  
LP-800-ICH

**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman : 1 dari 1  
Page

Tanggal Penerbitan : 23 Februari 2021  
*Date of issue*

Kepada : Hilda Risma  
To : UIN - AR Raniry  
di - Banda Aceh

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :  
*The undersigned certifies that examination*

Dari Contoh : Limbah Laundry  
*Of the Sample (s)*

Keterangan contoh : Diantar  
*Identity Sample*

Kode Contoh : HR  
*Code Sample*

Tanggal Sampling : -  
*Date of Sampling*

Tanggal Analisis : 02 Februari 2021  
*Date of Analysis*

Nomor Laporan : 498/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/2/2021  
*Report Number*

Nomor Analisis : 21 - 165 - LC  
*Analysis Number*

Nomor BAPC : 62/INSDI/L/02/2021  
*BAPC Number*

Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji  
*For Analysis*

Dijambil dari : -  
*Taken from*

Tanggal Penerimaan : 02 Februari 2021  
*Received On*

Hasil :  
*Results*

NO	PARAMETER UJI	SATUAN	METODE	HASIL
1	pH	-	SNI 06-6989.11-2004	6,79
2	COD	mg/L	SNI 6989.73-2009	670,66
3	Kekeruhan	NTU	SNI 06-6989.25-2005	172,5
4	TSS	mg/L	SNI 06-6989.3-2004	133,5
5	TDS	mg/L	SNI 06-6989.27-2005	521,9
6	Fosfat	mg/L	IK.5.04.01.33	2,75
7	Surfaktan	mg/L	SNI 06-6989.51-2005	28,63

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis I LABBA,

*Fitriana Dafar, S.Si., MT*  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data Hasil Uji ini hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas  
\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

## Lampiran 8. Hasil Uji Parameter Fosfat



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
**LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN**  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222  
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: [ltpl@che.unsyiah.ac.id](mailto:ltpl@che.unsyiah.ac.id)

### LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 187/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Hilda Risma  
Alamat Pelanggan : Darussalam-Banda Aceh  
Tanggal di Terima : 20 September 2021  
Jenis Contoh Uji : Air Limbah Binatu  
Tanggal di Analisa : 27 September 2021  
Parameter Analisa : Fosfat (sebagai PO<sub>4</sub>)  
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa  
Baku Mutu : Lampiran X Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia  
Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	LA	mg/l	0,002	4,050	
2.	M1T1	mg/l	0,002	0,510	
3.	M1T2	mg/l	0,002	0,463	
4.	M1T3	mg/l	0,002	0,305	
5.	M2T1	mg/l	0,002	0,650	
6.	M2T2	mg/l	0,002	0,235	
7.	M2T3	mg/l	0,002	0,203	
8.	M3T1	mg/l	0,002	0,420	
9.	M3T2	mg/l	0,002	0,308	
10.	M3T3	mg/l	0,002	0,193	
11.	EX	mg/l	0,002	0,688	

\*Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen Dan Produk-Produk Minyak Nabati

Darussalam, 27 September 2021  
Ketua,

  
Dr. Edh Munawar, S.T., M.Eng.  
NIP. 196912101998021001



جامعة الرانيري  
AR-RANIRY

### RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Berikut merupakan rincian anggaran biaya dalam proses penelitian.

No	Bahan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Total
<b>Uji Pendahuluan</b>				
1	Ph	1 sampel	15.000	15.000
2	COD	1 sampel	105.000	105.000
3	TSS	1 sampel	30.000	30.000
4	Fosfat	1 sampel	30.000	30.000
5	Kekeruhan	1 sampel	30.000	30.000
<b>Eksperimen</b>				
6	Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> )	100 gram	35.000	35.000
7	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	10 gram	80.000	80.000
8	Polietilen Glikol (PEG)	250 gram	95.000	95.000
9	Shaker Mill	1 unit	300.000	300.000
10	Furnace	1 unit	75.000	75.000
11	Uji SEM	1 sampel	400.000	400.000
12	Fosfat	10 sampel	45.000	450.000
<b>TOTAL</b>				<b>1.645.000</b>