

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK MENJADI AIR  
BERSIH DENGAN METODE SARINGAN BERTINGKAT DAN  
FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO<sub>2</sub>**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**DWI ARDIANNA ARSA  
NIM. 180702075  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
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 CAIR DOMESTIK MENJADI AIR BERSIH**  
**DENGAN METODE SARINGAN BERTINGKAT DAN FOTODEGRADASI**  
**MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO<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:

**DWI ARDIANNA ARSA**

**NIM. 180702075**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 01 Maret 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Abd Muahid Hamdan, M.Sc.

NIDN. 2013128901

Arief Ralman, M.T.

NIDN. 2010038901

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 CAIR DOMESTIK MENJADI AIR BERSIH DENGAN METODE SARINGAN BERTINGKAT DAN FOTODEGRADASI MENGUNAKAN FOTOKATALIS $TiO_2$

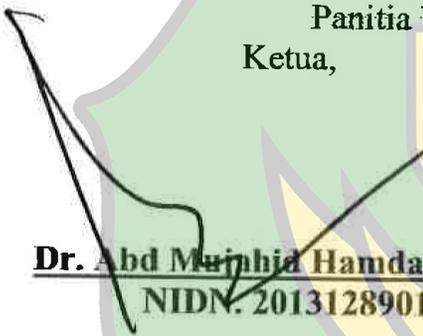
#### TUGAS AKHIR :

Telah Diuji oleh Panitia 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 : Jum'at, 08 April 2022  
07 Ramadhan 1443

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:  
Ketua,

Sekretaris,

  
Dr. Abd Mujiha Hamdan, M.Sc  
NIDN. 2013128901

  
Arief Rahman, M.T  
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,

  
Teuku Muhammad Ashari, M.Sc  
NIDN. 2002028301

  
Febrina Arfi, M.Si  
NIDN. 2021028601

Mengetahui,

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



  
Dinar Amsal, M.Pd  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Ardianna Arsa  
NIM : 180702075  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair Domestik Menjadi Air Bersih Uji dengan Metode Saringan Bertingkat dan Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis  $TiO_2$

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 dari 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 Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.



Banda Aceh, 01 Februari 2022

Dwi Ardianna Arsa

## ABSTRAK

Nama : Dwi Ardianna Arsa  
NIM : 180702075  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Pengolahan Limbah Cair Domestik Menjadi Air Bersih dengan Metode Saringan Bertingkat dan Fotodegradasi menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$   
Tanggal Sidang : 08 April 2022  
Jumlah Halaman : 118  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.  
Kata Kunci : limbah cair domestik, *Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ), fotodegradasi dan efektivitas

Pengolahan limbah cair domestik menjadi air bersih terus dikembangkan. Upaya ini dilakukan untuk mempromosikan penggunaan limbah cair domestik sebagai sumber daya air bersih yang baru yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat. Pengolahan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan gabungan metode saringan bertingkat dan fotokatalis dengan *Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ). Penelitian ini menggunakan  $\text{TiO}_2$  dengan massa 0,75, 1 dan 1,25 gram dengan waktu kontak 1, 2 dan 3 jam, serta penggunaan 1, 2 3 dan 4 buah lampu UV. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  yang disinari lampu UV A dapat mendegradasi zat organik. Efektivitas fotodegradasi tiap parameter berbeda-beda. pH dapat berubah sampai 7,8, COD dapat terdegradasi sampai 95,87%, TSS dapat terdegradasi sampai 94,67%, kekeruhan dapat terdegradasi sampai 94,61%, serta parameter *Total coliform* dapat terdegradasi sampa 99,97%. Berdasarkan hasil uji parameter tersebut maka limbah cair domestik hasil pengolahan dapat dimanfaatkan bagi kegunaan tertentu sesuai dengan peruntukannya mulai dari kelas II hingga kelas IV, yaitu sebagai sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi tanaman dan pencucian kendaraan.

## **ABSTRACT**

*Name* : Dwi Ardianna Arsa  
*Student ID Number* : 180702075  
*Department* : Environmental Engineering  
*Title* : Domestic Liquid Waste Treatment Into Test Clean Water  
Photodegradation and Grade Sieve Method Using TiO<sub>2</sub>  
Photocatalyst  
*Date of Session* : 08 March 2022  
*Number of Pages* : 118  
*Advisor I* : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
*Advisor II* : Arief Rahman, M.T.  
*Keywords* : domestic wastewater, Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>),  
photodegradation and effectiveness

*Domestic wastewater treatment into clean water continues to be developed. This effort is made to utilize domestic liquid waste as a source of clean water that can only be utilized by the community. The processing carried out in this study uses a combination of stratified stratified methods and photocatalysts with TiO<sub>2</sub>. This study used TiO<sub>2</sub> with a mass of 0.75, 1 and 1.25 grams with a contact time of 1, 2 and 3 hours, as well as the use of 1, 2 3 and 4 UV lamps. The experimental results show that TiO<sub>2</sub> irradiated by UV A lamp can degrade organic substances. The photodegradation effectiveness of each parameter is different. pH can be changed up to 7.8, COD can be degraded up to 95.87%, TSS can be degraded up to 94.67%, turbidity can be degraded up to 94.61%, and the Total coliform parameter can be degraded up to 99.97%. Based on the test results of these parameters, the domestic wastewater from processing can be utilized for certain uses according to its designation starting from class II to class IV, namely as a means of water recreation, freshwater fish farming, animal husbandry, irrigating plants and selling vehicles.*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan melimpahkan karunia-Nya, khususnya terhadap karunia nikmat iman dan islam, dengan keduanya kemudian diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. Shalawat beriring Salam tidak lupa dihaturkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, dan atas keluarga dan juga sahabat beliau serta dengan orang-orang mukmin yang senantiasa mengikuti jejak langkah beliau hingga akhir zaman.

Ucapan rasa syukur kepada Allah SWT karena tugas akhir ini telah dapat penulis selesaikan. Penulis mengangkat judul tugas akhir yaitu **“Pengolahan Limbah Cair Domestik Menjadi Air Bersih dengan Metode Saringan Bertingkat dan Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata 1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan tugas akhir dari awal sampai dengan selesai. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Arjuna, serta Ibunda Saidah Yunarti selaku orang tua dari penulis yang telah senantiasa mendukung dan memberikan semangat dalam pembuatan tugas akhir ini. Kemudian, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir, selaku dosen pembimbing

akademik penulis atas kesempatan dan bantuan yang diberikan kepada penulis, selaku dosen penguji II penulis dalam pelaksanaan seminar proposal dan selaku Kepala Laboratorium Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

5. Ibu Febrina Arfi, M.Si., selaku dosen penguji I penulis dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir dan juga selaku dosen penguji II dalam pelaksanaan sidang skripsi penulis.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., selaku dosen penguji I dalam pelaksanaan sidang skripsi penulis.
7. Seluruh dosen selingkupan Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan dan mengajarkan ilmu kepada penulis.
8. Ibu Firda Elvisa, S.Pd., dan Ibu Nurul Huda, S.Pd. yang telah membantu dalam proses administrasi.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku laboran Prodi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
10. UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Pengujian Alat Kesehatan sebagai tempat pengecekan nilai *Total coliform* dari tugas akhir penulis.
11. Teman Seangkatan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh 2018.
12. Para sahabat dan teman yang selalu membantu dan memberikan semangat.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir yang tidak mampu untuk disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan untuk membalas kebaikan yang telah diberikan dari semua pihak. Semoga dengan adanya tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi pertumbuhan dan juga perkembangan ilmu pengetahuan pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis menyadari masih adanya terdapat banyak kekurangan dalam proposal ini. Oleh karena

itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan penulisan tugas akhir ini kedepannya.

Banda Aceh, 01 Januari 2022

Penulis,

Dwi Ardianna Arsa



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
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> .....	7
2.1. Limbah Cair Domestik.....	7
2.1.1. Karakteristik Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	8
2.1.2. Dampak Pencemaran Limbah Cair Domestik.....	10
2.2. Pengertian Air Bersih.....	11
2.3. Penggunaan Kembali Air Limbah Domestik ( <i>Water Reuse</i> ).....	12
2.4. Saringan Bertingkat.....	13
2.4.1. Zeolit.....	14
2.4.2. Pasir.....	15
2.5. Fotodegradasi.....	15
2.5.1. Pengertian Fotodegradasi.....	15
2.5.2. Pengertian Fotokatalis.....	16
2.5.3. <i>Titanium dioksida</i> (TiO <sub>2</sub> ).....	16
2.5.4. Mekanisme Fotokatalis Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	18
2.6. Parameter.....	18
2.6.1. pH ( <i>Power of Hydrogen</i> ).....	18
2.6.2. COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	18
2.6.3. BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> ).....	19
2.6.4. Kekkeruhan.....	19
2.6.5. <i>Total coliform</i> .....	19
2.7. Penelitian Terdahulu.....	20

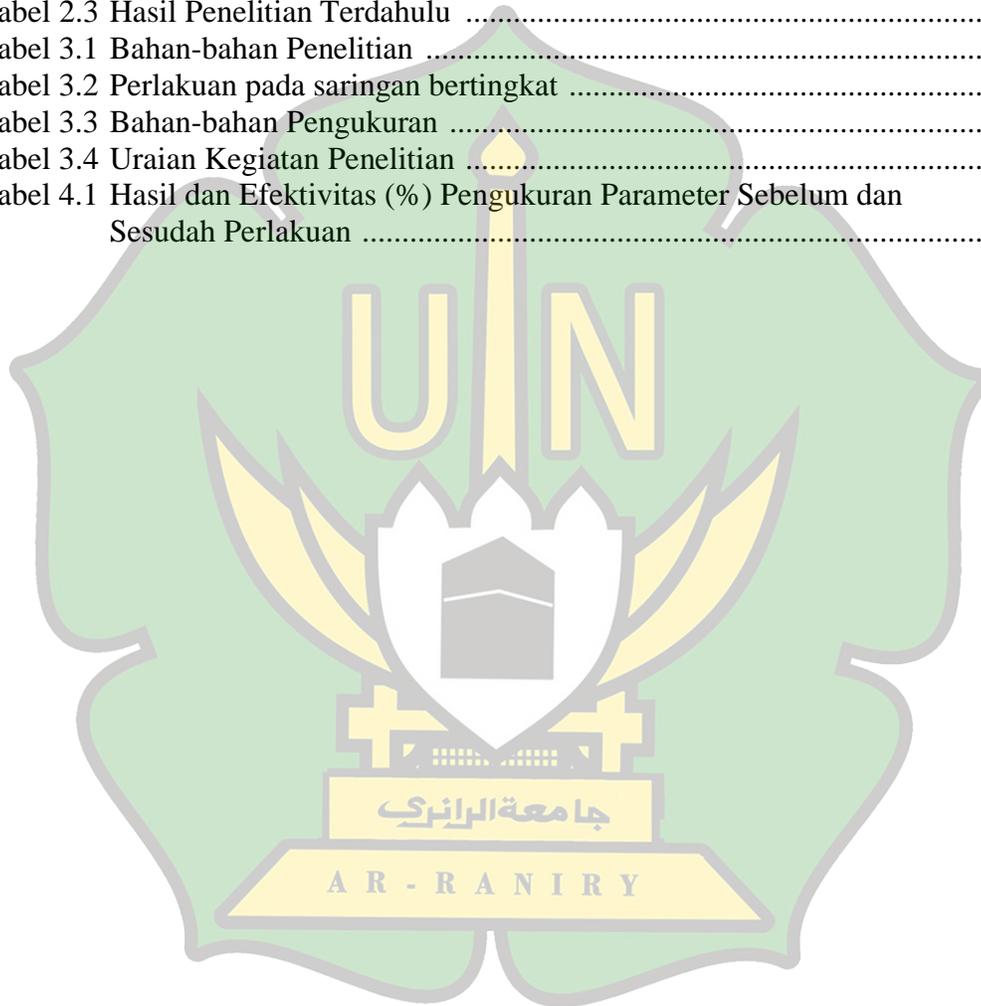
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
3.1. Tahapan Umum Penelitian.....	22
3.2. Studi Literatur .....	25
3.3. Limbah yang diolah.....	25
3.3.1. Lokasi Pengambilan Limbah.....	25
3.3.2. Teknik Pengambilan Limbah .....	27
3.4. Eksperimen.....	27
3.4.1. Jenis Eksperimen Penelitian.....	27
3.4.2. Bahan.....	28
3.4.3. Desain Reaktor .....	28
3.4.4. Variabel Penelitian .....	30
3.4.5. Prosedur Eksperimen .....	31
3.5. Pengukuran.....	32
3.5.1. Bahan Pengukuran .....	32
3.5.2. Prosedur Pengukuran .....	33
3.6. Analisis Data .....	37
3.6.1. Efektivitas .....	37
3.6.2. Analisis Statistik.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	39
4.1. Hasil .....	39
4.2. Pembahasan.....	43
4.2.1. Saringan Bertingkat.....	43
4.2.2. Pengaruh Fotokatalis Menggunakan TiO <sub>2</sub> .....	47
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	59
5.1. Kesimpulan .....	59
5.2. Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	60
<b>LAMPIRAN</b> .....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Serbuk $\text{TiO}_2$ .....	17
Gambar 2.2	Bentuk Kristal $\text{TiO}_2$ .....	18
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2	(a) Saluran pembuangan di lokasi pengambilan sampel dan (b) limbah cair domestic .....	26
Gambar 3.3	(a) Pengambilan sampel dan (b) limbah cair domestik dalam tampunguan .....	27
Gambar 3.4	Reaktor saringan bertingkat (a) dalam bentuk desain dan (b) tampak nyata reactor .....	29
Gambar 3.5	Reaktor Fotokatalis (a) dalam bentuk desain dan (b) tampak Nyata reactor .....	30
Gambar 3.6	Menunjukkan (a) perlakuan COD dan (b) proses pemanasan Sampel .....	34
Gambar 3.7	Menunjukkan (a) alat vakum filtrasi dan (b) proses pengukuran TSS .....	35
Gambar 3.8	Menunjukkan (a) alat turbidimeter dan (b) proses pengukuran kekeruhan .....	36
Gambar 4.1	Limbah Cair Domestik (a) Sebelum Eksperimen, (b) Setelah Eksperimen dengan Saringan Bertingkat dan (c) Setelah Eksperimen dengan Fotokatalis $\text{TiO}_2$ .....	39
Gambar 4.2	Nilai Parameter (A) Sebelum Penggunaan Metode Saringan Bertingkat dan (B) Setelah Penggunaan Metode Saringan Bertingkat.....	43
Gambar 4.3	Grafik Hasil Uji Penurunan Nilai COD Limbah Cair Domestik.....	52
Gambar 4.4	Grafik Hasil Uji Penurunan Nilai TSS Limbah Cair Domestik.....	55
Gambar 4.5	Grafik Hasil Uji Penurunan Nilai Kekeruhan Limbah Cair Domestik.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	8
Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi .....	12
Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu .....	20
Tabel 3.1 Bahan-bahan Penelitian .....	28
Tabel 3.2 Perlakuan pada saringan bertingkat .....	31
Tabel 3.3 Bahan-bahan Pengukuran .....	32
Tabel 3.4 Uraian Kegiatan Penelitian .....	36
Tabel 4.1 Hasil dan Efektivitas (%) Pengukuran Parameter Sebelum dan Sesudah Perlakuan .....	40



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang	Kepanjangan	Halaman
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	2
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	2
TiO <sub>2</sub>	<i>Titanium dioksida</i>	3
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum	3
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	4
UV	Ultraviolet	5
WC	<i>Water Closet</i>	6
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	7
MCK	Mandi, Cuci dan Kakus	11
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	12
TCU	<i>True Color Unit</i>	12
SNI	Standar Nasional Indonesia	21
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Asam sulfat	27
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O	Kalium dikromat	27

جامعة الرانيري  
A R - R A N I R Y

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan penduduk yang meningkat setiap tahunnya merupakan penyebab dari meningkatnya laju pencemaran terhadap lingkungan (Yunita dkk., 2016). Salah satu dampak dari perkembangan penduduk adalah meningkatnya jumlah kepadatan penduduk. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan akan air minum maupun air bersih, yang kemudian berdampak pada peningkatan jumlah pembuangan limbah cair domestik (Rahmawati dkk., 2016). Limbah cair domestik yang timbul menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan dan menurunnya kualitas air (Radityaningrum, 2017). Indonesia telah mengalami masalah pencemaran lingkungan yang cukup serius, tidak terkecuali pada air. Keberadaan sumber air baku untuk air bersih maupun air minum semakin terancam oleh karena adanya pembuangan limbah cair domestik (Kirhensteine, 2016).

Setiap tahunnya, tingkat pencemaran air oleh limbah cair domestik terus mengalami peningkatan, yang kemudian berdampak pada kelangkaan sumber air bersih (Sulianto, 2020). Dalam hal ini, penerapan daur ulang limbah cair domestik terus dipraktekkan dan menjadi salah satu solusi untuk mengelola penggunaan air. Indonesia dan berbagai negara di seluruh dunia terus mengemukakan berbagai alasan, termasuk meningkatkan ketersediaan air, mengurangi kekurangan dan juga kekeringan air, serta mendukung perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat (Pidou dkk., 2017). Kota Banda Aceh memiliki laju pertumbuhan penduduk sebesar 2% per tahunnya yang akan mempengaruhi peningkatan kebutuhan air (BPS Kota Banda Aceh, 2020). Dalam hal ini, air juga merupakan kebutuhan primer bagi makhluk hidup, sehingga kuantitas dan juga kualitas air harus tetap dijaga untuk melindungi ketersediaan air baku (Kholif dkk., 2020).

Pengolahan terhadap limbah cair domestik akan menghasilkan dua keuntungan, yaitu mengatasi masalah pencemaran lingkungan, serta ikut mempromosikan penggunaan limbah cair domestik sebagai sumber daya air bersih yang baru yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat (Yunita dkk., 2016). Pengolahan limbah cair domestik menjadi air bersih dipraktekkan untuk kategori air limbah non toilet (*grey water*). *Grey water* merupakan jenis limbah domestik yang memiliki kandungan pencemar rendah namun memiliki jumlah yang cukup besar. Keuntungan mendaur ulang *grey water* adalah sumbernya yang besar dengan kandungan organik rendah (Moslehyani dkk., 2018). Oleh karena itu, *grey water* memiliki peluang untuk dapat digunakan kembali dalam keperluan tertentu (Nilasari dkk., 2016).

Salah satu sistem pengolahan limbah cair domestik untuk menjadi air bersih yang dapat dimanfaatkan adalah penyaringan limbah cair menggunakan berbagai jenis media (Nilasari dkk., 2016). Pada proses pengolahan limbah domestik, tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloid dengan cara menyaringnya dengan media filter. Pemilihan media filter yang akan digunakan disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan dalam proses pengolahan, dengan menggunakan media filter diharapkan dapat mengurangi konsentrasi pada parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan kekeruhan yang terdapat pada limbah domestik (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Salah satu media filtrasi yang sering digunakan adalah zeolit, dikarenakan zeolit diketahui mampu bekerja sebagai penyerap, mekanismenya melalui proses pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi di permukaan (Sulistiyanti dkk., 2018). Akan tetapi, pada metode saringan bertingkat untuk pengolahan limbah cair menjadi air bersih yaitu belum optimalnya dalam meminimalisir kandungan *Total coliform* (Nilasari dkk., 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Kholif dkk (2020) dilaporkan bahwa kandungan *Total coliform* yang tersisa di dalam badan air olahan tidak memenuhi syarat air dari syarat baku mutu berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017, sehingga perlakuan berupa adsorpsi, pertukaran ion dan filtrasi tidak efektif dalam

penurunan kandungan *Total Coliform*. *Coliform* adalah bakteri yang terdapat dalam tinja yang digunakan sebagai petunjuk bahwa telah terjadi kontaminasi bakteri berasal dari manusia atau binatang berdarah panas. Kadar *coliform* yang tinggi dalam badan air berpengaruh terhadap kesehatan manusia, ekonomi maupun kesehatan lingkungan (Kholif dkk., 2020).

Fotokatalis *Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) dapat menjadi solusi sebagai metode tambahan untuk mendukung metode saringan bertingkat dalam pengolahan limbah cair domestik. Pemanfaatan fotokatalis dengan melakukan perubahan dari energi cahaya menjadi energi kimia. Sehingga air akan kembali jernih karena terpisah dari limbah cair. Kelebihan dari katalis  $\text{TiO}_2$  apabila dibandingkan dengan material semikonduktor lainnya adalah tidak bersifat racun, dengan harga yang terjangkau, stabilitas kimia yang sangat baik, stabilitas termal yang cukup baik dan aktivitas fotokatalis yang cukup tinggi (Wijaya dkk., 2016). Keunggulan fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  berperan dalam menurunkan kadar zat organik, menghilangkan bau pada air olahan dan juga untuk menghilangkan bakteri *Total coliform* yang terkandung dalam air olahan (Wijaya dkk., 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Naimah dan Ermawati (2021) pemakaian  $\text{TiO}_2$  sebagai desinfektan sangat efektif dan bersifat tidak beracun dibanding penggunaan klor yang selama ini dipakai PDAM dan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dengan lampu UV dapat menginaktivasi bakteri dalam waktu 65 menit.

Metode saringan bertingkat dan fotodegradasi memiliki beberapa keunggulan diantaranya mampu untuk mendegradasi polutan limbah cair domestik, mudah untuk diterapkan, biaya yang murah serta tidak menimbulkan dampak lainnya (Nilasari dkk., 2016). Di samping banyaknya keunggulan dari metode tersebut, dan metode ini belum pernah diterapkan untuk pengolahan limbah cair domestik menjadi air bersih oleh karena itu kebaruan metode ini menjadi sangat penting untuk diteliti. Namun, sebelum dilakukan dalam skala yang jauh lebih besar harus dilakukannya penelitian-penelitian dalam skala kecil atau laboratorium terlebih dahulu untuk melihat efektivitas dari proses pengolahan serta dapat mengetahui kendala dan kekurangan saat berlangsungnya eksperimen.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, pengolahan limbah cair domestik dilakukan dengan gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Saringan bertingkat dengan berbagai jenis media berpotensi untuk menurunkan kadar parameter pH, COD, TSS dan kekeruhan (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Sedangkan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  berpotensi untuk menurunkan mikroorganisme berupa *Total coliform* (Naimah dan Ermawati, 2021). Namun, penelitian untuk mengetahui bagaimana penyisihan polutan dalam limbah cair domestik menggunakan gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  belum pernah dilakukan. Dengan demikian pertanyaan penelitian yang akan dijawab pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam penyisihan polutan limbah cair domestik berdasarkan parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*?
2. Bagaimana pengaruh waktu, massa katalis  $\text{TiO}_2$  dan jumlah lampu UV dalam mendegradasi kadar polutan limbah cair domestik?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektivitas gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam penyisihan polutan limbah cair domestik berdasarkan parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu, massa katalis  $\text{TiO}_2$  dan jumlah lampu UV dalam mendegradasi kadar polutan limbah cair domestik.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat dalam penelitian baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

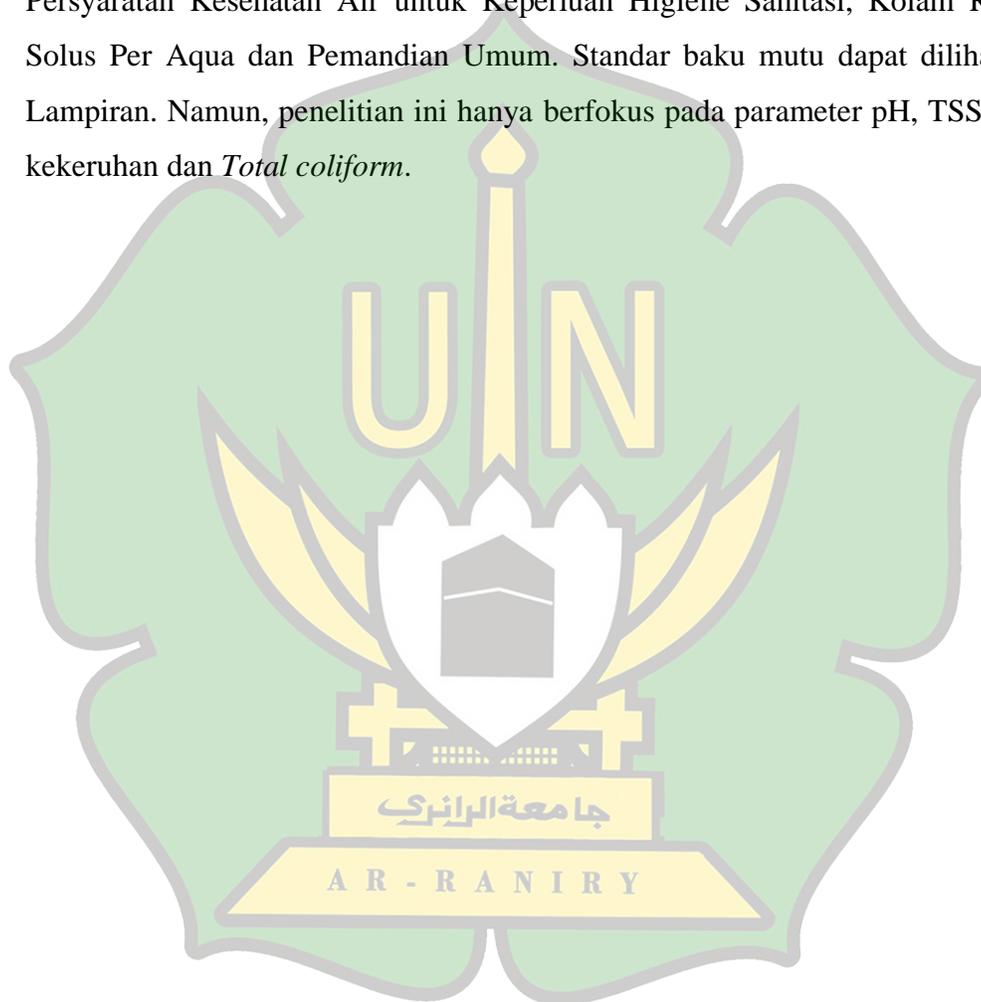
1. Sebagai alternatif baru proses pengolahan limbah cair domestik untuk dapat digunakan kembali agar menurunkan tingkat pencemaran limbah cair domestik terhadap lingkungan.
2. Sebagai pengembangan IPTEK khususnya dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya dan landasan pembuatan kebijakan pada bidang lingkungan khususnya penelitian-penelitian terkait pencemaran lingkungan oleh limbah cair domestik dan pengelolaannya.
4. Dapat memberikan informasi ilmiah sebagai solusi untuk mengatasi masalah yang ada di lingkungan sekitar dan dapat memberikan motivasi sehingga muncul ide atau gagasan lain untuk meningkatkan kreativitas dalam mengatasi masalah lingkungan sekitar.

#### 1.5. Batasan Penelitian

Penulisan proposal ini agar nantinya dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah dan tujuan penelitian maka penelitian ini perlu dibatasi. Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Sistem pengolahan yang digunakan adalah proses gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan  $\text{TiO}_2$  dan sinar UV A sebagai sumber penyinaran.
2. Penelitian ini berfokus pada uji efektivitas dari metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan  $\text{TiO}_2$  dalam merubah nilai pH serta menurunkan TSS, COD, kekeruhan dan *Total coliform* berdasarkan massa, waktu kontak dan jumlah lampu UV.

3. Parameter yang diterapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik 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 dan Pemandian Umum. Standar baku mutu dapat dilihat pada Lampiran. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada parameter pH, TSS, COD, kekeruhan dan *Total coliform*.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Limbah Cair Domestik**

Limbah cair domestik atau limbah cair rumah tangga adalah air limbah yang dihasilkan dari penggunaan pembersihan, yaitu dari hasil sintesis dapur, kamar mandi, toilet, limbah cucian dan lain-lain, yang jika dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu akan mencemari lingkungan (Yunita dkk., 2016). Komposisi limbah cair mengandung bahan organik dan senyawa mineral dari sisa makanan, urin dan sabun, serta sebagian limbah rumah tangga berupa suspensi, sebagian lainnya berupa bahan terlarut (Belladona dan Yanto, 2016). Air limbah domestik yang mengandung bahan kimia yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari harus diolah tanpa menimbulkan pencemaran, tanpa membahayakan kesehatan dan lingkungan, untuk mengurangi dampak negatif tersebut harus dilakukan upaya pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan, termasuk pembangunan instalasi pengolahan air limbah kota (Sucahya dkk., 2016).

Limbah cair rumah tangga meliputi air limbah toilet (*black water*) dan air limbah non-toilet (*grey water*) (Kholif dkk., 2020). Limbah dari toilet meliputi tinja, urin dan buangan, sedangkan air limbah non toilet meliputi dapur, wastafel dan limbah lainnya (Raganata dan Aritonang, 2019 dan Supriyanto, 2016). Air limbah domestik atau *grey water* adalah air yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti memasak, mandi, mencuci dan membersihkan, tetapi tidak termasuk air dari jamban (Hibatullah, 2019).

Air limbah adalah air yang berasal dari segala aktivitas manusia, baik dari industri, fasilitas umum, pertokoan, usaha rumah tangga, perkantoran dan tempat lainnya (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Tangga, limbah cair rumah tangga meliputi air

limbah khususnya air limbah dari apartemen, pelayanan kesehatan, institusi pendidikan, perkantoran, pertokoan, pasar, restoran, paviliun, taman hiburan, kota, industri, area pabrik pemurnian (*purification plant*), stasiun pemurnian aglomerasi, pembersih kota, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, stasiun kereta api, penjara, sekolah asrama dan asrama.

Limbah domestik atau limbah cair rumah tangga dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu limbah *black water* dan limbah *grey water* (Ariani dkk., 2017). Air hitam (*black water*) adalah limbah yang dibuang atau ditutup oleh toilet. Sedangkan *grey water* adalah limbah yang dihasilkan dari mencuci pakaian, piring dan mandi (Suastuti, 2017). Air limbah rumah tangga atau air limbah domestik yang paling banyak dihasilkan adalah *grey water*, berkisar antara 50% hingga 80%, pencemar pada *grey water* tergolong medium rendah dibandingkan *black water* tergolong medium dan medium-high (Sulistiyanti dkk., 2018). Limbah domestik atau limbah rumah tangga merupakan pencemar terbesar yang masuk ke badan air di Indonesia, dengan perkiraan 85% masuk ke perairan, sehingga mengakibatkan proses penjernihan alami yang tidak seimbang (Ariani dkk., 2017). Adanya proses pengolahan limbah cair yang terus berlangsung di lingkungan perairan dalam waktu yang lama akan menimbulkan pencemaran lingkungan (Pungus, 2019).

### 2.1.1. Karakteristik Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Tingkat
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10

Total Coliform	Jumlah/100MI	3000
Debit	L/orang/hari	100

(Sumber: PerMenLHK RI No: P.68/MenLHK/Setjen/Kum.1/8/2016)

Menurut Halim (2016), Limbah cair mempunyai karakteristik yang berbeda-beda karena dihasilkan dari sumber yang berbeda. Karakteristik limbah cair secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

a. Karakteristik fisika air

1. Bau. Munculnya bau dipengaruhi oleh terurainya zat-zat organik dalam limbah, sehingga mengeluarkan gas-gas amoniak dan mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap. Selain itu, bau tersebut dapat dipengaruhi oleh udara yang ditimbulkan pada proses dekomposisi. Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah sehingga mengeluarkan gas-gas amoniak dan sulfida yang menimbulkan penciuman tidak enak (Gu dkk., 2020 dan Pungus, 2019).
2. Warna. Air bersih pada dasarnya tidak berwarna. Namun seiring semakin meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah menjadi hitam. Zat warna tersebut diakibatkan karena adanya ion-ion logam, besi dan buangan industri (Halim, 2016 dan Suahya dkk., 2016).
3. *Total Suspended Solid (TSS)*, adalah total zat padat yang terdiri dari zat padat tersuspensi dan zat padat terlarut dalam air yang bersifat anorganik dan organik. Adanya kandungan TSS berlebih akan menghalangi potensi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis. Padatan penyebab terjadinya kekeruhan di air, tidak dapat langsung mengendap dan tidak terlarut, ukuran partikel-partikelnya lebih kecil dari sedimen (Pungus, 2019 dan Suastuti, 2017).
4. Kekeruhan, ditimbulkan dari zat padat tersuspensi, baik bersifat anorganik maupun organik yang terurai dan mengapung di perairan. Kekeruhan dapat dipengaruhi oleh zat-zat organik, lumpur, tanah, jasad renik maupun benda yang mengapung didalam

air. Efek yang terjadi dari kekeruhan yaitu dapat menghambat masuknya cahaya ke badan air (Halim, 2016).

b. Karakteristik kimia

1. Bahan Organik. Secara umum zat organik berasal dari kombinasi karbon, oksigen dan hidrogen. Elemen lainnya yang dapat dijumpai berupa belerang, besi dan fosfor. Semakin lama jenis dan jumlah bahan organik semakin banyak, dengan adanya hal ini maka akan sulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diurai oleh mikroorganisme (Pungus, 2019).
2. Bahan Anorganik. Jumlah bahan anorganik akan mengalami peningkatan, sejalan dipengaruhi oleh formasi geologis yang berasal dari air limbah. Bahan-bahan anorganik terdiri dari logam berat, pH, nitrogen, metan dan zat racun. Adanya kandungan bahan kimia akan mengakibatkan timbulnya bau sehingga mengganggu lingkungan (Halim, 2016).
3. Karakteristik biologis. Sifat biologis pada air limbah domestik perlu diketahui kualitas airnya serta perlu adanya pengukuran tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air. Kandungan mikroorganisme dalam kandungan air limbah merupakan parameter yang sering digunakan. Mikroorganisme yang berfungsi pada proses penguraian bahan-bahan organik dalam air limbah domestik ialah *protozoa*, hewan renik, jamur dan *algae* (Halim, 2016).

### 2.1.2. Dampak Pencemaran Limbah Cair Domestik

Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008, limbah domestik merupakan limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari tetapi tidak termasuk aktivitas kakus. Kegiatan sehari-hari yang menghasilkan limbah seperti mencuci, memasak, mandi dan kegiatan pertanian serta peternakan. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 tahun 2016 yang dimaksud dengan air limbah rumah tangga atau air limbah domestik adalah air limbah yang merupakan hasil dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Air limbah domestik dapat dibagi menjadi *black water* dan *grey water*. Yang dimaksud dengan *grey water* adalah air limbah dari dapur, air bekas cucian pakaian dan air dari kamar mandi. Sedangkan *black water* adalah air limbah yang mengandung kotoran manusia (Purwatiningrum, 2018). Sungai dengan kandungan organik dan anorganik yang tinggi muncul dari aktivitas masyarakat berupa pembuangan limbah cair ke sungai seperti mandi, cuci dan kakus (MCK), yang menurunkan kualitas air (Sulistia dan Septisya, 2019). Kegiatan industri dan domestik bisa berdampak negatif terhadap sumber daya air seperti penurunan kualitas air, yang dapat menghancurkan dan merusak organisme (Everton, 2021). Perubahan konfigurasi dan penggunaan lahan pertanian dan pemukiman, serta peningkatan industri berdampak pada kondisi hidrologis. Aktivitas manusia yang dihasilkan dari aktivitas industri, pertanian dan domestik akan berdampak pada penurunan kualitas air sungai (Aba dkk., 2020).

## 2.2. Pengertian Air Bersih

Air adalah kebutuhan primer manusia dalam kehidupan sehari-hari dimana hampir semua aktivitas manusia membutuhkan air bersih, baik untuk keperluan minum, mencuci, mandi dan lain sebagainya (Sutandi, 2018). Air bersih merupakan salah satu kebutuhan vital bagi tiap manusia dan juga makhluk hidup lainnya tanpa air manusia tidak dapat melangsungkan hidupnya, karena setiap aktivitas manusia memerlukan air, misalnya pada aktivitas tempat tinggal, industri, perkantoran, pertanian dan lain sebagainya (Aba dkk., 2020).

Menurut Triono (2018), air yang dipakai sebagai kebutuhan hidup sehari-hari wajib memenuhi persyaratan yang diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi. Air yang bersih adalah air tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna. Adapun standar baku mutu air untuk keperluan hygiene sanitasi dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2** Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
5	Rasa	-	Tidak berasa
6	Bau	-	Tidak berbau

(Sumber: PerMenKes RI No. 32, 2017)

### 2.3. Penggunaan Kembali Air Limbah Domestik (*Water Reuse*)

Penggunaan kembali air mengacu pada proses produksi air melalui pengolahan. Dengan demikian, penggunaan kembali air bukanlah sumber air tambahan melainkan produk yang perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Sistem penggunaan kembali dapat memiliki standar kualitas yang berbeda yang dicapai melalui perlakuan yang berbeda tergantung pada penggunaan yang diinginkan (Kirhensteine, 2016).

Menurut Zigneswaran (2019), penggunaan kembali limbah cair domestik memiliki beberapa manfaat terhadap lingkungan, diantaranya:

1. Dapat meningkatkan ekosistem perairan.
2. Penggunaan kembali air untuk mengisi akuifer dapat membantu dalam memenuhi status kuantitatif yang baik dan menghindari penurunan status airtanah jika dapat dipastikan bahwa status kimianya tidak terpengaruh secara merugikan.
3. Instalasi pengolahan air limbah di wilayah pesisir, termasuk di wilayah langka air, sering kali dibuang limbah yang diolah ke laut, yang menyebabkan pemborosan sumber daya air tawar. Air penggunaan kembali berarti bahwa air ini disimpan, memungkinkan ketahanan yang lebih baik terhadap perubahan permintaan dipicu oleh perubahan populasi tetapi juga perubahan iklim.
4. Di daerah dengan kelangkaan air, penggunaan kembali air menyediakan sumber alternatif, sehingga meningkatkan kualitas air ketersediaan air dan stabilitas pasokan air.

5. Di negara-negara yang mengalami kesulitan air, penggunaan kembali air dapat menimbulkan dampak lingkungan yang lebih rendah daripada yang lain pasokan air alternatif seperti desalinasi.
6. Dalam beberapa kasus, penggunaan kembali air dapat mengurangi kebutuhan akan pupuk buatan dengan menyediakan unsur hara irigasi.
7. Penggunaan kembali air yang direncanakan mengurangi risiko terhadap lingkungan dan kesehatan manusia yang mungkin terjadi dibuat dengan penggunaan kembali yang tidak direncanakan.

#### **2.4. Saringan Bertingkat**

Saringan bertingkat merupakan alat yang berfungsi untuk proses penyaringan atau pemisahan dari disparitas berukuran partikel mulai dari ukuran yang besar hingga yang berukuran kecil. Saringan bertingkat berfungsi untuk proses penyaringan atau pemisahan dari disparitas berukuran partikel (Kalsum dkk., 2019).

Salah satu metode yang paling krusial dalam proses pengolahan air limbah adalah filtrasi. Filtrasi telah terbukti efektif pada proses penyisihan zat-zat organik yang terdapat dalam air limbah. Filtrasi merupakan satu teknologi tepat guna yang sederhana, efisien, efektif dan ekonomis (Khairunnisa, 2021). Filtrasi merupakan metode pengolahan limbah yang menggunakan media berpori sebagai media filter untuk memisahkan padatan dari cairan dan menghilangkan koloid, padatan tersuspensi dan zat lain yang ada dalam air limbah. Proses filtrasi bertujuan untuk menghilangkan pengotor seperti koloid dan padatan tersuspensi dengan cara menyaringnya melalui media filter. Filtrasi dapat dilakukan karena perbedaan tekanan antara tekanan internal dan tekanan eksternal. Perbedaan tekanan ini akan mendorong padatan yang terkontaminasi melalui media filter, sehingga padatan tertahan di media filter (Kuesnaedi, 2016). Prinsip kerja proses filtrasi adalah menyaring partikel pencemar yang lebih besar dari pori-pori media filter (Auzar, 2016). Ciri-ciri media filter yang baik untuk filtrasi adalah memiliki luas permukaan per volume tangki yang besar, tahan lama dan ekonomis (Puspawati dkk., 2017).

### 2.4.1. Zeolit

#### 1. Struktur Zeolit

Struktur zeolit tersusun atas aluminium, silika, dan oksigen. Atom silikon dan aluminium memiliki bentuk yang tetrahedral dengan menggunakan penggunaan bersama atom oksigen. Zeolit mempunyai sifat yang stabil dalam keadaan suhu lebih dari 500°C dan radiasi pengion sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan kation radioaktif. Beberapa zeolit juga stabil pada kondisi basa dan dapat stabil pada kondisi asam (Travolaro dan Drioli, 2016). Zeolit merupakan salah satu contoh *molecular sieves*. *Molecular sieves* adalah padatan berpori dengan ukuran dimensi molekul berkisar antara 0,3 nm sampai 2 nm (Flanigel dkk., 2017). *Molecular sieves* dapat secara selektif mengadsorpsi molekul berdasarkan ukuran, bentuk dan muatan listrik. Zeolit memiliki struktur yang sangat kompleks, struktur rangka mengandung saluran intrakristalin atau ruang kosong (void) yang saling berhubungan yang ditempati oleh kation dan molekul air. Kation bergerak dan biasanya mengalami pertukaran ion. Sedangkan air dapat dihilangkan secara reversibel dengan menggunakan panas (Flanigel dkk., 2017).

#### 2. Aplikasi Pemanfaatan Zeolit

Zeolit bisa dimanfaatkan menjadi material filtrasi lantaran sanggup untuk memisahkan molekul menurut ukuran, bentuk, polaritas dan derajat ketidakjenuhan. Zeolit dapat dengan mudah untuk dimodifikasi menggunakan cara sintesis langsung untuk menaikkan kandungan silika sehingga dapat menaikkan sifat hidrofobik dalam zeolit (Flanigel dkk., 2017). Zeolit memiliki sifat yang bias untuk mengalami perubahan bergantung terhadap keadaan struktur zeolit, tekanan, suhu, konsentrasi larutan, sifat dan ukuran dari kation. Pemanfaatan zeolit secara komersial didasari oleh sifat zeolit yaitu: *molecular sieving*, *ion exchange*, *adsorption* dan katalisis (Mallongi dkk., 2017).

Menurut Artiyani dan Firmansyah (2016), Berdasarkan pemanfaatannya zeolit mempunyai berbagai jenis sifat, yaitu:

- a. Dehidrasi, zeolit mampu untuk melepaskan molekul air yang ada pada rongga permukaannya. Pelepasan molekul air ini mengakibatkan medan listrik meluas ke dalam rongga primer sebagai rongga utama dan berinteraksi menggunakan molekul yang akan diabsorpsi.
- b. Adsorpsi, zeolit mempunyai kristal yang akan melepaskan molekul air yang terisi dalam rongga hampa atau kosong (*void*) saat dipanaskan dengan menggunakan suhu 300-400°C. Nantinya, hal ini akan mengakibatkan zeolit mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi atau menyerap cairan atau gas. Selektivitas adsorpsi zeolit terhadap molekul tertentu dapat dimodifikasi melalui pertukaran kation, dekationisasi, dealuminasi secara hidrotermal dan perubahan rasio Si/Al.

#### **2.4.2. Pasir**

Pasir merupakan salah satu bahan galian yang cukup melimpah di Indonesia. Hal ini dimungkinkan akibat kondisi Indonesia yang hampir setengahnya berupa batuan beku asam sebagai sumber pembentuk bahan galian tersebut. Pasir kuarsa banyak ditemukan pada daerah pesisir sungai, danau, pantai dan sebagian pada lautan yang dangkal. Pasir merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan (Kusnaedi, 2010).

### **2.5. Fotodegradasi**

#### **2.5.1. Pengertian Fotodegradasi**

Fotodegradasi merupakan suatu proses peruraian suatu senyawa (umumnya adalah senyawa organik) untuk menjadi senyawa yang jauh lebih aman bagi lingkungan menggunakan energi foton (Linda dkk., 2016). Proses fotodegradasi memerlukan suatu fotokatalis yang biasanya digunakan adalah sebagai bahan semikonduktor (Everton, 2021 dan Kunarti dkk., 2018). Prinsipnya adalah dengan

kenaikan electron menurut pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika dikenai suatu energi foton. Kenaikan elektron ini akan mengakibatkan timbulnya *hole* (lubang elektron) yang dapat berinteraksi menggunakan pelarut air untuk membangun radikal (Fajriati dan Wahyuni, 2016).

### 2.5.2. Pengertian Fotokatalis

Fotokatalisis merupakan reaksi gugusan yang terjadi diantara fotokimia dan katalis. Proses reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya (Hermawan dkk., 2016). Fotokatalisis merupakan suatu proses yang memerlukan bantuan cahaya dan material katalis (Tjahjanto dan Jarnuzi, 2017). Katalis merupakan suatu zat yang mampu untuk membuat proses laju reaksi mengalami perubahan tanpa ikut berubah secara kimia. Katalis bias untuk meningkatkan fotoreaksi melalui interaksinya dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi atau dengan foto produk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Arief dkk., 2016).

Reaksi fotokatalitik adalah reaksi yang melibatkan foton untuk mengaktifkan katalis. Fotokatalis pada dasarnya adalah semikonduktor (Kunarti dkk., 2018). Kendala penggunaan reaksi fotokatalitik adalah efisiensi fotokatalisis yang masih rendah. Beberapa faktor seperti ukuran kristal fotokatalis, lebar celah pita energi fotokatalis dan rekombinasi langsung elektron dan *hole* sangat mempengaruhi tingkat efisiensi fotokatalis (Rahmawati dkk., 2016).

### 2.5.3. Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>)

*Titanium dioksida* merupakan material yang sudah memiliki daya tarik sehingga menarik perhatian para peneliti terutama berkaitan dengan penggunaan ukuran material yang dimilikinya, lantaran berukuran partikel suatu material merupakan salah satu faktor krusial yang mampu membuat tingkat efektifitas mengalami gangguan penggunaan dari material tersebut terutama pada partikel yang berukuran kurang dari 100 nanometrik (Wijaya dkk., 2016). *Titanium dioksida* (TiO<sub>2</sub>) merupakan oksida logam Ti (Titanium) yang paling banyak dijumpai (Andayani dan

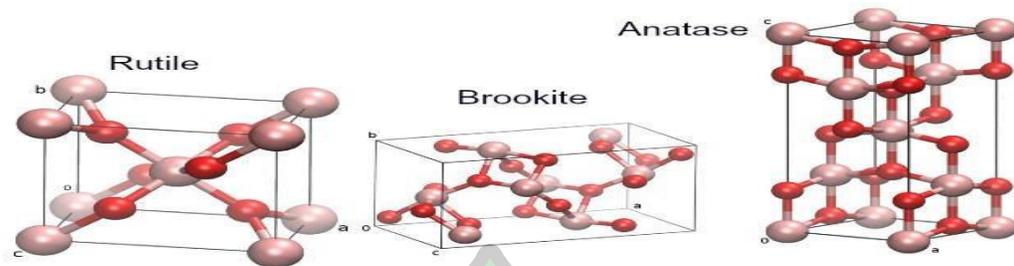
Bagyo, 2016). *Titanium dioksida* dikenal sebagai senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun. Berdasarkan sifatnya ini  $\text{TiO}_2$  telah lama digunakan sebagai bahan pemberi warna (pigmen) putih pada makanan maupun produk kosmetik. *Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) secara mikroskopis memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan *amorf* (Linda dkk., 2015).

*Titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) *amorf* misalnya layaknya senyawa *amorf* lain tidak memiliki keteraturan susunan atom sehingga bahan tersebut tidak memiliki keteraturan pita konduksi dan valensi, akan tetapi  $\text{TiO}_2$  *amorf* juga dikenal memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan dalam waktu yang tidak singkat (Awfa dkk., 2019).  $\text{TiO}_2$  memiliki keunggulan diantaranya tidak beracun, memiliki aktivitas fotokatalis yang baik, harganya murah, berlimpah, tidak larut dalam air, semikonduktor dengan celah lebar, luas permukaan besar dan stabilitas kimia tinggi (Arief dkk., 2016).



**Gambar 2.1** Serbuk  $\text{TiO}_2$

$\text{TiO}_2$  mempunyai 3 bentuk struktur kristal yaitu *rutile*, *anatase* dan *brookite*. *Rutile* dan *anatase* mempunyai struktur tetragonal dengan tetapan kisi kristal dan sifat fisika yang berbeda, sedang *brookite* adalah ortorombik. *Brookite* dan *anatase* adalah bentuk-bentuk yang metastabil atau tidak stabil. Sedangkan *rutile* adalah bentuk yang lebih stabil dibandingkan anatase dalam semua temperatur (Linda dkk., 2015).



**Gambar 2.2** Bentuk kristal  $\text{TiO}_2$

#### 2.5.4. Mekanisme Fotokatalis Semikonduktor $\text{TiO}_2$

Proses mekanisme fotokatalis pada oksida logam seperti  $\text{TiO}_2$  dapat menyerap radiasi antara fotokatalis dengan air. Peran dari fotokatalis itu sendiri adalah menyediakan lubang pada pita valensi dan radikal hidroksil yang berfungsi meningkatkan efektivitas (Kunarti dkk., 2018).

### 2.6. Parameter

#### 2.6.1. pH (*Power of Hydrogen*)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman ataupun tingkat kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Perubahan pH pada suatu larutan akan sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup didalamnya. Derajat keasaman juga berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan banyak zat di dalam air. Skala pH berkisar antara 1-14 (Ningrum, 2018).

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

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau yang sering disebut Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang mudah terurai maupun yang tidak mudah terurai. Oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel. *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat digunakan untuk

menentukan bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Secara umum COD lebih tinggi dari BOD dikarenakan lebih banyak bahan-bahan yang terkandung pada air limbah dapat dioksidasi secara kimiawi dibandingkan secara biologis (Rahmad dan Anwar, 2018).

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

BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. BOD atau kebutuhan oksigen biologis, adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air tersebut. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme didalam air lingkungan adalah proses alamiah yang mudah terjadi apabila air limbah pada lingkungan mengandung oksigen yang cukup (Rahmad dan Anwar, 2018).

### **2.6.4. Kekeruhan**

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*) atau JTU (*Jackson Turbidity Unit*) maupun FTU (*Formazin Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas. Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam badan air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri (Ningrum, 2018).

### **2.6.5. *Total coliform***

*Total coliform* adalah suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran. *Total coliform* yang berada di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. *Total coliform* dibagi menjadi dua

golongan, yaitu *coliform fekal* seperti *E. coli* yang berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, dan *coliform nonfekal* seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati. Air olahan harus bebas dari kandungan *total coliform* (Pakpahan dkk., 2019).

## 2.7. Penelitian Terdahulu

Studi mengenai eksperimen saringan bertingkat dan fotodegradasi telah banyak dilakukan seperti yang terdapat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu**

No.	Material atau Media	Limbah	Penulis	Efektivitas
1	Pasir, kerikil dan arang batok kelapa	Air limbah rumah tangga	Nilasari dkk., 2016	COD = 95% BOD = 94% TSS = 89%
2	Pasir, zeolit dan Karbon aktif	Hotel	Sattuang dkk., 2020	COD = 96% BOD = 97% TSS = 92%
3	Pasir, zeolit dan karbon aktif	Grey water	Artiyani dan Firmansyah, 2016	COD = 92% BOD = 90% TSS = 87%
4	Cangkang kerang, zeolit, dan karbon aktif	Air sumur gali	Purwonugroho dan Nasruddin, 2013	COD = 95% BOD = 94% TSS = 93%
5	TiO <sub>2</sub>	Limbah cair industri tapioka	Fatimah dan Wijaya, 2015	COD = 95% BOD = 97%
6	TiO <sub>2</sub> /zeolit	<i>Congo red</i>	Wijaya dkk., 2016	BOD = 94%
7	ZnO	Pewarna <i>methylene blue</i>	Hermawan dan Budianto, 2017	Warna = 96%
8	TiO <sub>2</sub> dan CuO/TiO <sub>2</sub>	Limbah Cr (IV) dan fenol	Slamet dkk., 2017	Warna = 95% Fenol = 93%

9	TiO <sub>2</sub> dengan adanya ion logam Fe(III) dan Cu (II)	Fenol	Mukaromah dan Irawan, 2018	Fenol = 89%
---	--	-------	----------------------------	-------------



## **BAB III**

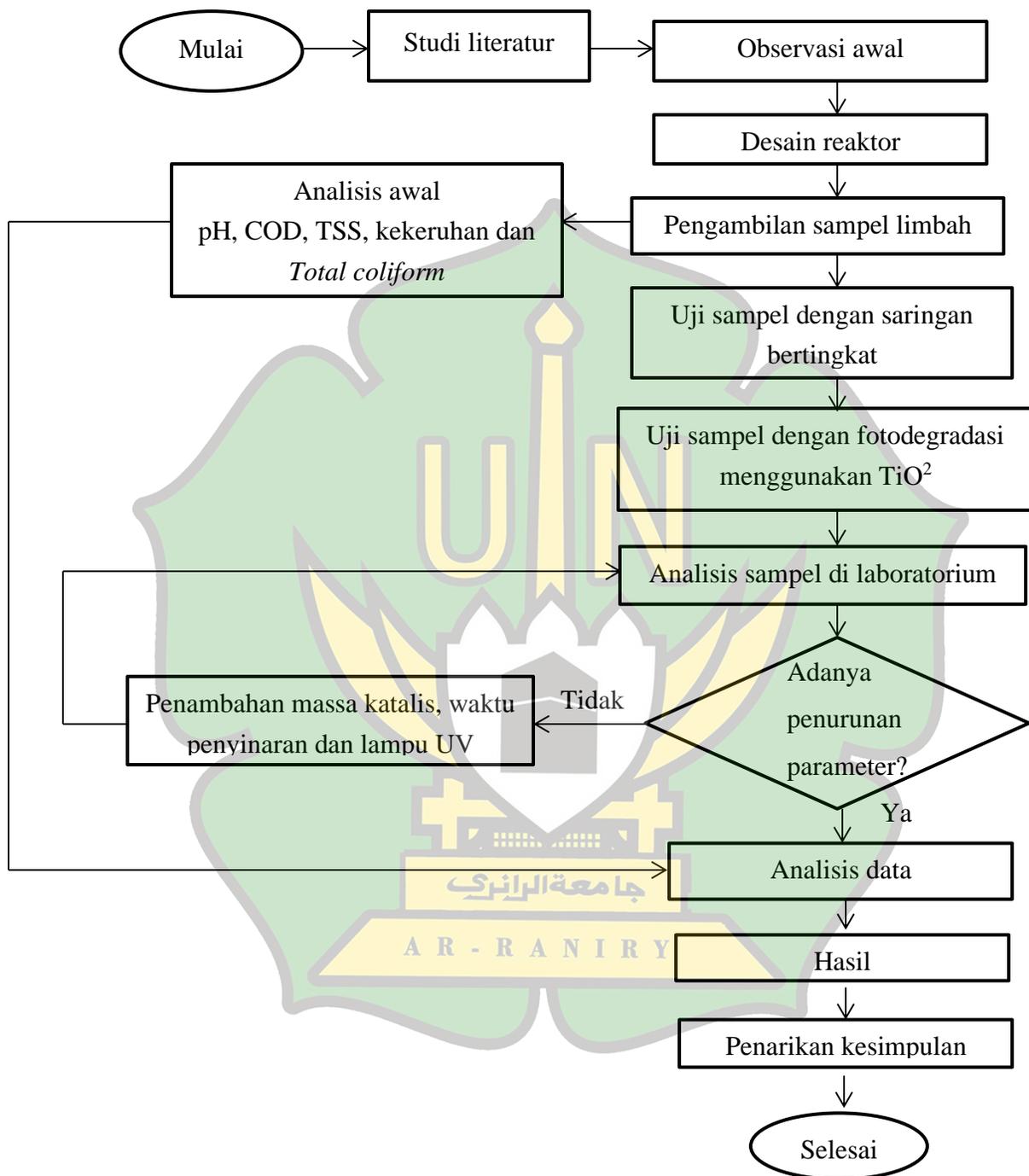
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tahapan Umum Penelitian**

Tahapan penelitian secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan, dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Tahapan studi literatur. Tahapan studi literatur merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui informasi yang bertujuan untuk menambah wawasan dan meningkatkan pemahaman, serta dengan mengumpulkan data terkait proses penelitian yang dilakukan.
2. Tahapan observasi awal. Tahapan observasi awal merupakan kegiatan yang dilakukan dengan mengunjungi lokasi yang menjadi tempat pengambilan sampel yaitu salah satu rumah untuk diamati limbah cair non toilet (*grey water*) yang dihasilkan.
3. Tahapan desain reaktor. Tahapan ini berupa kegiatan desain rangkaian reaktor yang digunakan untuk eksperimen agar memudahkan dalam perangkaian alat dan bahan yang digunakan.
4. Tahapan pengambilan sampel limbah. Tahapan ini berupa pengambilan sampel limbah yang diambil dari rumah tangga yang berlokasi di Jl. Bak Karieng, Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh. Kemudian dilakukan analisis awal untuk parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*, analisis awal bertujuan untuk mengetahui nilai dari parameter sebelum dilakukan perlakuan dan juga sebagai nilai pembanding terhadap sampel yang telah mengalami perlakuan.
5. Tahapan uji sampel dengan saringan bertingkat. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui nilai parameter setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan saringan bertingkat. Bertujuan untuk mengetahui efektivitas saringan bertingkat dalam penurunan parameter khususnya penurunan polutan limbah cair domestik.

6. Tahapan uji sampel dengan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Tahapan ini dilakukan sebagai lanjutan dari metode gabungan saringan bertingkat untuk menurunkan kadar polutan limbah cair domestik yang belum bisa diturunkan oleh metode saringan bertingkat secara efektif yaitu *Total coliform*.
7. Tahapan analisis sampel. Tahapan analisis keseluruhan sampel pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* dilakukan di laboratorium. Pada tahapan ini, apabila tidak ada penurunan terhadap parameter setelah proses pengolahan maka dilakukan penambahan massa katalis  $\text{TiO}_2$ , waktu penyinaran dan banyaknya jumlah lampu UV pada proses fotokatalis.
8. Tahapan analisis data dan hasil. Tahapan analisis data dan hasil dilakukan apabila keseluruhan tahapan analisis sampel telah selesai, data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linear berganda dengan bantuan SPSS dan kinetika fotodegradasi untuk menjadi informasi, sehingga data tersebut bisa dipahami dan bermanfaat untuk solusi permasalahan, terutama menjadi informasi yang nantinya bisa dipergunakan dalam mengambil kesimpulan.
9. Tahapan penarikan kesimpulan. Tahapan penarikan kesimpulan merupakan tahapan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian ini yang dijelaskan berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh.



**Gambar 3.1** Bagan Alir Penelitian

### 3.2. Studi Literatur

Secara umum studi literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya. Dengan kata lain, istilah studi literatur ini juga sangat familier dengan sebutan studi pustaka. Dalam sebuah penelitian yang hendak dijalankan, tentu saja seorang peneliti harus memiliki wawasan yang luas terkait objek yang akan diteliti. Jika tidak, maka dapat dipastikan dalam persentasi yang besar bahwa penelitian tersebut akan gagal.

Metode studi literatur yang digunakan adalah dengan memanfaatkan *internet searching* atau pencarian secara *online* dengan menggunakan laptop atau perangkat lainnya yang dilakukan melalui internet dengan alat atau *software* pencarian tertentu pada server-server yang tersambung dengan internet yang tersebar di berbagai penjuru dunia. Penggunaan *software* yang berkembang pesat dimanfaatkan dalam penelitian ini untuk proses menelusuri, salah satunya adalah dengan menggunakan *Science and Technology Index* (SINTA) untuk pencarian jurnal-jurnal nasional yang sudah diakreditasi. Dalam hal ini kata kunci pencarian yang sering digunakan adalah limbah cair domestik, *grey water*, filtrasi, saringan bertingkat, zeolit, fotokatalis, *titanium dioksida* dan lain-lain.

Selain penggunaan jurnal nasional, ada pula jurnal-jurnal internasional yang mendukung dalam penyelesaian penelitian ini. Dalam hal ini jurnal-jurnal yang digunakan tersebut adalah jurnal yang terindeks Scopus. Hal lainnya yang juga dipertimbangkan dan membantu untuk memudahkan pencarian informasi adalah dengan menggunakan rentang waktu terbitan jurnal, agar jurnal-jurnal yang digunakan untuk bahan referensi adalah jurnal-jurnal terbaru.

### 3.3. Limbah yang diolah

#### 3.3.1. Lokasi Pengambilan Limbah

Lokasi pengambilan sampel limbah cair domestik dilakukan pada rumah tangga yang berlokasi di Jl. Bak Karieng, Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru Kota Banda

Aceh. Pemilihan lokasi ini dikarenakan berdasarkan observasi lapangan yang telah dilakukan didapatkan bahwa permasalahan krisis air bersih sering dialami oleh penduduk yang ada di Gampong Punge Blang Cut, hal ini sudah berlangsung dalam kurun waktu yang cukup lama. Masyarakat sekitar akhirnya memanfaatkan air galon untuk kebutuhan air dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari berupa MCK dan kegiatan rumahan lainnya.

Krisis air bersih tentunya menyebabkan masyarakat mengalami kesulitan dan adanya penambahan biaya untuk mencukupi kebutuhan atas air bersih yang dimanfaatkan dari air galon. Gampong Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru merupakan salah satu gampong yang ada di Kota Banda Aceh dengan jumlah penduduk 5752 jiwa (BPS Kota Banda Aceh, 2020). Selain itu, saluran yang ada di perumahan tidak bercampur antara *grey water* dan *black water* sehingga besarnya kemungkinan terkontaminasinya *grey water* oleh *black water* dapat diminimalisir.



(a)

(b)

**Gambar 3.2** (a) Saluran pembuangan di lokasi pengambilan sampel dan (b) limbah cair domestik

### 3.3.2. Teknik Pengambilan Limbah

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan pengambilan sesaat atau *grab sampling* sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59:2008, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair diambil langsung dari rumah pada waktu pagi hari, antara pukul 07:30 sampai 10:00 WIB. Pemilihan waktu tersebut didasari bahwa intensitas aktivitas mulai dari mencuci, memasak dan mandi meningkat pada interval waktu tersebut.
2. Sampel diambil dengan gayung bertangkai panjang dan kemudian dimasukkan ke dalam jerigen dengan ukuran 20 liter sebanyak 1 jerigen, yang kategorinya disesuaikan dengan SNI 6989.59:2008 yang dijelaskan dengan rinci pada Lampiran 3.



(a)

(b)

**Gambar 3.3** (a) Pengambilan sampel dan (b) limbah cair domestik dalam tampungan

## 3.4. Eksperimen

### 3.4.1. Jenis Eksperimen Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dan menggunakan pendekatan *true experiment*. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian berdasarkan kaidah ilmiah, penelitian ini untuk mengetahui kandungan pH, COD, TSS, kekeruhan

dan *Total coliform* yang terdapat dalam limbah cair domestik sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan gabungan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi. Pendekatan *true experiment* pengerjaannya menggunakan skala laboratorium untuk menguji variabel yang telah direkayasa serta mengamati pengaruh antara dua variabel dengan menggunakan variabel kontrol (Ernawati, 2014).

### 3.4.2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1.

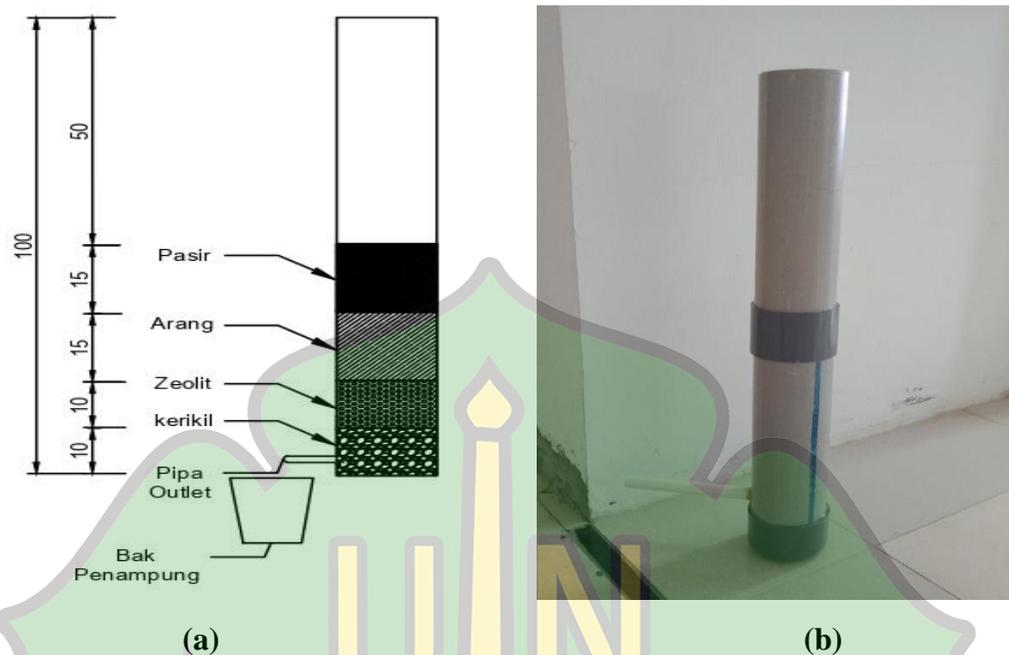
**Tabel 3.1** Bahan-bahan Penelitian

Bahan	Besar	Satuan	Kegunaan
Limbah cair domestik	20	liter	Sampel yang diteliti
Pasir	8	kg	Media filtrasi
Kerikil	5	kg	Media filtrasi
Arang	5	kg	Media filtrasi
Zeolit	5	kg	Media filtrasi
Pipa PVC	2	buah	Reaktor untuk media filtrasi
Bak kaca	1	buah	Reaktor fotokatalis
Lampu UV	4	buah	Penyinaran
TiO <sub>2</sub>	3	gram	Katalis untuk proses fotokatalis

### 3.4.3. Desain Reaktor

#### 1. Desain Reaktor Saringan Bertingkat

Saringan bertingkat memiliki beberapa media yang terdiri dari pasir, kerikil, arang dan zeolit (Nilasari dkk., 2016). Dalam hal ini, jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC dengan ukuran tinggi 100 cm dan lebar adalah 4 cm. Reaktor saringan bertingkat dimodifikasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Nilasari dkk., 2016 dan Yunita dkk., 2013. Adapun reaktor saringan bertingkat dapat dilihat pada Gambar 3.3.

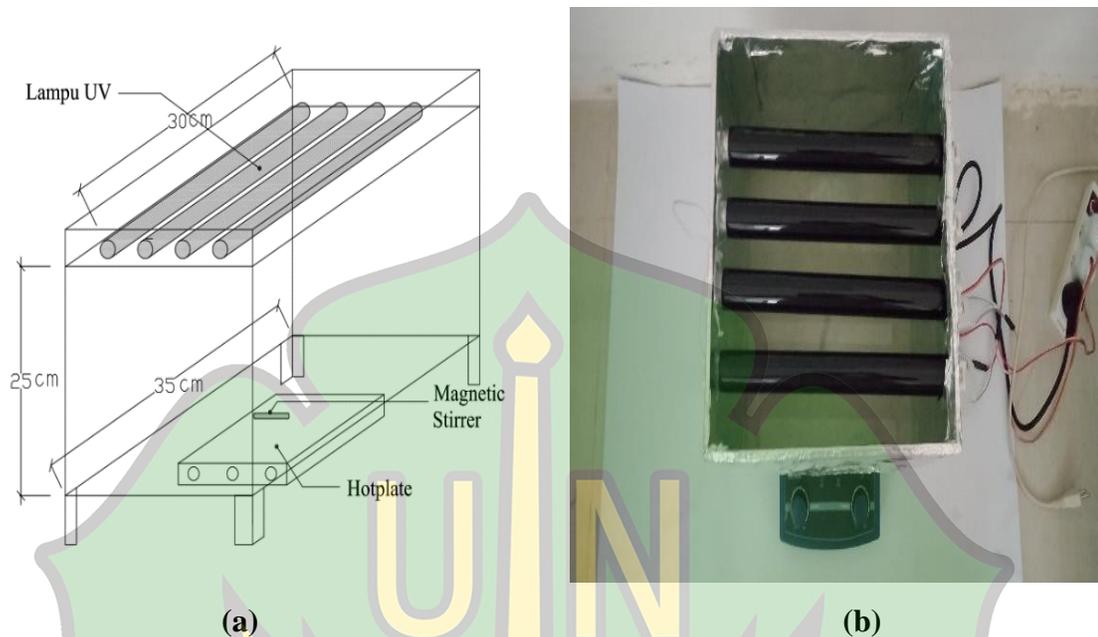


**Gambar 3.4** Reaktor saringan bertingkat (a) dalam bentuk desain dan (b) tampak nyata reaktor

Berdasarkan Gambar 3.3 (a), terlihat bahwa media filtrasi terdiri dari kerikil dengan ukuran 10 cm, zeolit dengan ukuran 10 cm, arang dengan ukuran 15 cm dan pasir dengan ukuran 15 cm.

## 2. Desain Reaktor Fotokatalis جامعة الرانري

Pada penelitian ini proses fotokatalis dilakukan dalam reaktor tertutup yang dirancang dengan ukuran  $35 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ , yang terdiri atas 4 lampu UV dengan masing-masing 10 watt. Proses pengadukan dibantu dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan yang dimiliki sebesar 50 rpm (Zulkarnaini dkk., 2017). Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan *aluminium foil* sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul ke arah limbah cair. Kemudian, katalis  $\text{TiO}_2$  (Wijaya dkk., 2016) dapat bekerja dalam proses fotokatalis dengan bantuan sinar UV sambil diaduk. Reaktor fotokatalis dimodifikasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Slamet dkk., 2007. Adapun reaktor fotokatalisis dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.5** Reaktor Fotokatalis (a) dalam bentuk desain dan (b) tampak nyata reaktor

#### 3.4.4. Variabel Penelitian

##### 1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan mempengaruhi perubahan atau variabel yang mampu dapat untuk dimanipulasi agar dapat menentukan antara perubahan yang akan diamati. Pada penelitian ini yang akan menjadi variabel bebasnya adalah perbedaan dosis  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan pada proses fotokatalis, variasi waktu kontak dan jumlah lampu UV.

##### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yakni limbah cair domestik dan konsentrasi penurunan kadar pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*.

### 3.4.5. Prosedur Eksperimen

#### 1. Eksperimen Saringan Bertingkat

- a. Unit saringan bertingkat dengan menggunakan sistem aliran *upflow* dirancang menggunakan dua buah pipa PVC berdiameter 4 inci dengan panjang 100 cm (Muqarromah, 2017).
- b. Media yang digunakan pada saringan bertingkat disusun dengan urutan dari pasir dengan ketebalan 15 cm, arang dengan ketebalan 15 cm, zeolit dengan ketebalan 10 cm dan kerikil dengan ketebalan 10 cm (Sulianto, 2020).
- c. Sampel limbah cair domestik dimasukkan ke dalam reaktor saringan bertingkat sebanyak 20 liter.
- d. Perlakuan dilakukan dengan mengalirkan limbah cair domestik dalam reaktor saringan bertingkat.
- e. Terhadap parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* dilakukan pengecekan pada sampel limbah cair tersebut.
- f. Jenis dan ketebalan media pada perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Perlakuan pada saringan bertingkat

Volume (L)	Ketebalan Media (cm)			
	Pasir	Arang	Kerikil	Zeolit
20	15	15	10	10

#### 2. Sampel Kontrol

- a. Limbah hasil metode saringan bertingkat diambil sebanyak 3 liter lalu dimasukkan ke dalam 3 *beaker glass* ukuran 1000 ml.
- b. Limbah tersebut kemudian didiamkan selama 1, 2 dan 3 jam.
- c. Terhadap parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* dilakukan pengecekan pada sampel limbah cair tersebut.

### 3. Eksperimen Fotodegradasi

#### a. Prosedur eksperimen fotokatalis

- 1) Unit fotodegradasi untuk proses fotokatalis dirancang dengan menggunakan material berbahan kaca yang memiliki ketebalan 5 mm, dengan dimensi yang digunakan adalah  $35 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$  (panjang  $\times$  lebar  $\times$  tinggi).
- 2) 15 L limbah cair domestik dimasukkan ke dalam reaktor fotodegradasi.
- 3) Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,75 gram ditambahkan ke dalam reaktor.
- 4) Sampel diaduk dengan *magnetic stirrer* serta kecepatan 50 rpm (Anggraini, 2019).
- 5) Sampel disinari menggunakan 1 lampu sinar UV selama 1 jam.
- 6) Dilakukan proses pengendapan setelah eksperimen untuk memisahkan katalis.
- 7) Dilakukan pengulangan prosedur a sampai f dengan 2, 3 dan 4 lampu UV.
- 8) Dilakukan pengulangan prosedur a sampai f dengan waktu kontak selama 2 jam dan 3 jam.
- 9) Dilakukan pengulangan prosedur a sampai f menggunakan massa 1 gram dan 1,25 gram.
- 10) Terhadap parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* dilakukan pengecekan pada sampel limbah cair tersebut.

#### b. Prosedur keselamatan diri - R A N I R Y

- 1) Unit fotokatalis dibungkus dengan menggunakan aluminium foil dan terdapat penutup pada bagian atasnya.
- 2) Unit fotokatalis disimpan dan dinyalakan dalam ruangan yang tertutup dan dihindari dari paparan banyak orang.
- 3) Saat masih berlangsungnya proses fotokatalis, maka unit fotokatalis dilarang untuk dibuka penutupnya.

### 3.5. Pengukuran

#### 3.5.1. Bahan Pengukuran

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Bahan-bahan Pengukuran

Bahan	Besar	Satuan	Merk	Kegunaan
Asam sulfat	100	ml	<i>Sulfuric acid</i>	<i>Reagent COD</i>
Kalium dikromat	50	ml	<i>Pudak</i>	<i>Reagent COD</i>
Aquades	5	liter	<i>Aquadest</i>	Pelarut
Kertas saring	30	lembar	<i>Whatman</i>	Pengujian TSS

#### 3.5.2. Prosedur Pengukuran

##### 1. Pengukuran pH

- a. Alat pH meter dikalibrasi dengan menggunakan larutan penyangga.
- b. Elektroda dikeringkan dengan tisu dan kemudian dibilas dengan menggunakan air suling.
- c. Sampel limbah dimasukkan ke dalam *beaker glass* ukuran 25 ml.
- d. Elektroda dibilas dengan sampel limbah.
- e. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel limbah.
- f. Alat pH meter ditunggu sampai pembacaannya stabil.
- g. Hasil pembacaan angka dicatat pada tampilan pH meter.

##### 2. Pengukuran COD

- a. Sampel dimasukkan ke dalam tabung COD 2,5 mL, selanjutnya 1,5 mL larutan campuran  $K_2Cr_2O_7$  dan 3,5 mL larutan  $H_2SO_4$  ditambahkan ke dalam tabung COD dan ditutup.
- b. COD Reaktor diambil, kemudian tombol start ditekan dan ditunggu suhu naik sampai  $150^\circ C$ .
- c. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur  $150^\circ C$  selama 2 jam.

- d. Tabung COD didinginkan, kemudian pengukuran sampel dilakukan menggunakan COD Meter (SNI 6989.2:2009).



(a)

(b)

**Gambar 3.6** Menunjukkan (a) perlakuan COD dan (b) proses pemanasan sampel

### 3. Pengukuran TSS

- a. Kertas saring dengan diameter 47 mm diambil dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.
- b. Kertas saring dimasukkan kedalam alat vakum dan kertas saring dibilas dengan aquades sebanyak 20 ml, selama 2 menit.
- c. Kertas saring dipindahkan ke dalam oven untuk dipanaskan dengan suhu 103-105°C selama 1 jam.
- d. Kertas saring didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit.
- e. Kertas saring ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik dan nilainya dicatat.
- f. Kertas saring dicuci dengan 3x10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan yang sempurna.
- g. Kertas saring dibilas dengan aquades, kemudian sampel sebanyak 100 ml dimasukkan kedalam vakum
- h. Kertas saring dipindahkan dari peralatan penyaring dan dipindah ke wadah.

- i. Kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 103°-105°C selama 1 jam.
- j. Kertas saring didinginkan dalam desikator dan ditimbang, hingga diperoleh berat konstan.
- k. Kemudian kadar TSS dihitung dalam mg/L, dengan perhitungan

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}} \quad (3.1)$$

dengan A adalah berat kertas saring + residu kering (mg) dan B adalah berat kertas saring (mg) (SNI 06-6989.3-2004).



(a)

(b)

**Gambar 3.7** Menunjukkan (a) alat vakum filtrasi dan (b) proses pengukuran TSS

#### 4. Pengukuran Kekeruhan

- a. Kalibrasi alat dilakukan dengan menggunakan larutan standar 0 NTU, 100 NTU, 800 NTU dan 1000 NTU ke dalam turbidimeter, kemudian hasil turbiditas standar dibaca yang tertera pada tampilan turbidimeter.
- b. Tabung turbidimeter dibilas dengan menggunakan aquades dan sampel dimasukkan ke dalam tabung turbidimeter.
- c. Ditunggu beberapa saat, kemudian hasil pembacaan angka dibaca pada tampilan turbidimeter.



**Gambar 3.8** Menunjukkan (a) alat turbidimeter dan (b) proses pengukuran kekeruhan

## 5. Pengukuran *Total coliform*

### a. Uji penduga

- 1) Alat dan meja yang akan digunakan disterilkan dengan alkohol, kemudian alat disterilkan dengan menggunakan bunsen.
- 2) Sampel diambil dengan menggunakan mikropipet sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam 3 tabung media LBDS.
- 3) Sampel diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam 3 tabung media LBSS.
- 4) Kemudian sampel diambil sebanyak 0,1 ml dan dimasukkan ke dalam 3 tabung media LBSS.
- 5) Tabung diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 1x24 jam dan kemudian 2x24 jam. Amati adanya pembentukan gas pada tabung Durham dalam biakan media. Diinkubasi kembali apabila biakan pada tabung bernilai negatif (tidak terdeteksi adanya gelembung udara selama 24 jam).
- 6) Pertumbuhan dan produksi gas diamati. Uji penduga positif adanya *coliform* dicirikan oleh pembentukan gas dalam tabung.

b. Uji penguat

- 1) Mikroba pada tabung diambil yang positif yang memiliki gelembung dengan menggunakan ose.
- 2) Ose dipijarkan, kemudian ose didinginkan beberapa saat.
- 3) Kemudian mikroba dimasukkan dari tabung kultur ke media EMBA dengan cara gores kuadran lalu inkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam.
- 4) Hitung MPN penguat koliform per g (berat kering sampel).

c. Uji lengkap

- 1) Uji lengkap dilakukan untuk melihat apakah isolat yang diambil benar merupakan bakteri *coliform*.
- 2) Buat pewarnaan Gram terhadap biakan dalam media agar miring NA dan amati adanya pembentukan gas pada media LBSS. Adanya gas dalam tabung LBSS dan penampakan bakteri Gram negatif, yang tidak membentuk spora merupakan uji lengkap adanya *coliform*.

### 3.6. Analisis Data

#### 3.6.1. Efektivitas

Tahap analisa data pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persen penurunan beban pencemar limbah cair domestik dari masing-masing parameter yang telah diuji pada saat sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi dengan menggunakan metode gabungan saringan bertingkat.

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan a adalah nilai konsentrasi pencemar sebelum dilakukan filtrasi dan b adalah nilai konsentrasi pencemar setelah dilakukan filtrasi.

#### 3.6.2. Analisis Statistik

Analisis Statistik yang digunakan pada penelitian ini berupa *software* yang bisa digunakan untuk melakukan pengolahan data dan menganalisis data yaitu SPSS

(*Statistical Package for the Social Sciences*). SPSS yaitu software khusus untuk pengolahan data statistik yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. SPSS dipakai dalam berbagai riset pasar, pengendalian dan perbaikan mutu, serta riset-riset sains (Zein dkk., 2019).

Uji linearitas digunakan untuk memilih model regresi yang akan digunakan. Uji linearitas dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan secara linear antara variabel dependen terhadap variabel independen yang hendak diuji. Jika suatu model tidak memenuhi syarat linearitas maka model regresi linear tidak bisa digunakan. Untuk menguji linearitas suatu model dapat digunakan uji linearitas dengan melakukan regresi terhadap model yang ingin diuji. Aturan untuk keputusan linearitas dapat dengan membandingkan nilai signifikan dari *deviation from linearity* yang dihasilkan dari uji linearitas (menggunakan bantuan SPSS).

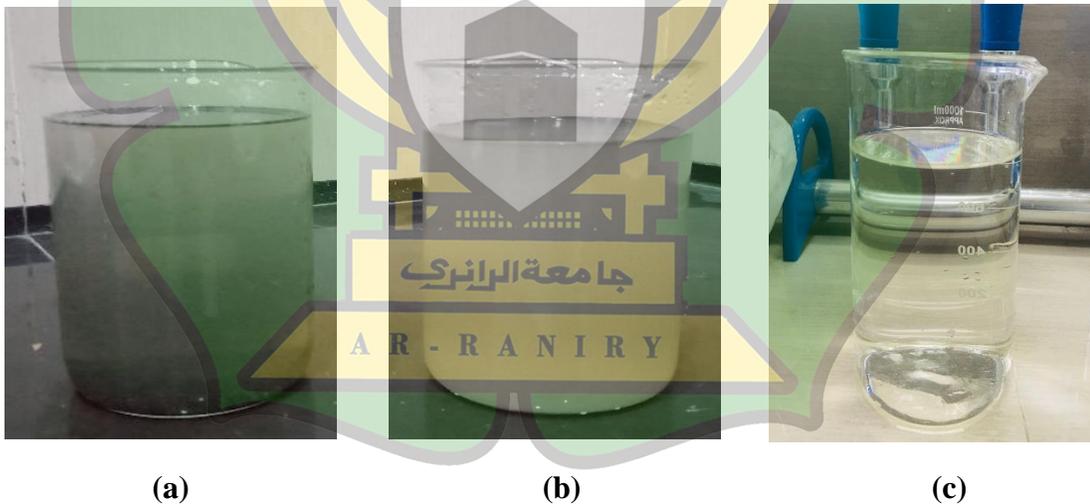
Data akan diolah dengan analisis regresi linear berganda yang terdapat pada *software* SPSS. Regresi linear berganda dapat melihat efek dua atau lebih variabel independen terhadap satu variabel dependen. Metode ini akan menyimpulkan adanya suatu hubungan linear atau garis lurus antara variabel dependen dengan masing-masing prediktornya (Yuliara, 2017). Analisis ini digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas yaitu massa  $\text{TiO}_2$ , lama waktu kontak dan jumlah lampu UV terhadap variabel terikat yaitu kadar pH, COD, BOD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil

Hasil pengukuran parameter terhadap sampel limbah cair domestik sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kemudian efektivitas terhadap penormalan nilai pH dan degradasi terhadap parameter lainnya yaitu COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* juga dapat dilihat pada Tabel 4.1. Penampakan fisik limbah cair domestik sebelum eksperimen cenderung memiliki warna yang lebih keruh dan setelah eksperimen dengan gabungan dua metode tersebut menjadi jauh lebih jernih. Gambar 4.1 menunjukkan penampakan fisik limbah cair domestik sebelum eksperimen, setelah eksperimen dengan saringan bertingkat dan setelah eksperimen dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .



**Gambar 4.1** Limbah cair domestik (a) sebelum eksperimen, (b) setelah eksperimen dengan saringan bertingkat dan (c) setelah eksperimen dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$

**Tabel 4.1** Hasil dan efektivitas (%) pengukuran parameter sebelum dan sesudah perlakuan

Bentuk Eksperimen	Variasi Eksperimen			Parameter								
	Waktu kontak (jam)	Massa katalis (gram)	Lampu UV (buah)	pH	TSS (mg/L)	Ef TSS (%)	COD (mg/L)	Ef COD (%)	Kekeruhan (NTU)	Ef Kekeruhan (%)	Total coliform (MPN/100 ml)	Ef Total coliform (%)
Standar Baku Mutu	-	-	-	6,5 – 9,5	30	-	100	-	25	-	50	-
Pengukuran Awal	-	-	-	5,4	357	-	703	-	232	-	28.000	-
Saringan Bertingkat	-	-	-	5,8	319	10,64	411	41,53	118,7	48,83	15.000	46,42
Kontrol	1	-	-	5,8	315	11,76	410	41,67	117,2	49,48	15.000	46,42
	2	-	-	5,7	314	12,04	409	41,82	117,0	49,45	15.000	46,42
	3	-	-	5,8	316	11,48	410	41,67	117,3	49,47	15.000	46,42
Saringan Bertingkat + Fotokatalis TiO <sub>2</sub>	1	0,75	1	5,9	301	15,68	407	42,10	109,8	52,67	87	99,68
			2	5,9	298	16,52	409	41,82	108,7	53,14	85	99,69
			3	5,9	274	23,24	405	42,38	108,6	53,18	83	99,70
			4	5,9	278	22,12	402	42,81	107,3	53,75	80	99,71
	1	1	1	6,1	267	25,21	397	43,52	98,2	57,67	79	99,71
			2	6,1	261	26,89	395	43,81	95,6	58,79	75	99,73
			3	6,2	250	29,97	390	44,52	89,2	61,55	73	99,74
			4	6,3	240	32,77	387	44,95	85,1	63,31	70	99,75
	1,25	1,25	1	6,1	259	27,45	378	46,62	79,3	65,81	50	99,82
			2	6,4	254	28,85	372	47,08	79,1	65,90	40	99,85
			3	6,2	243	31,93	369	47,51	76,9	66,85	39	99,86
			4	6,4	241	32,49	367	47,79	76,2	67,55	35	99,87

	2	0,75	1	6,5	232	35,01	341	51,49	74,3	67,97	34	99,87
			2	6,5	230	35,57	328	53,34	73,8	68,18	33	99,88
			3	6,4	228	36,13	314	55,33	72,8	68,62	30	99,89
			4	6,5	225	36,97	298	57,61	72,5	68,75	29	99,89
		1	1	6,7	215	39,77	286	59,31	70,5	69,61	28	99,89
			2	6,7	210	41,17	275	60,88	70,0	69,82	27	99,90
			3	6,7	208	41,73	256	63,58	69,1	70,21	26	99,90
			4	6,7	205	42,57	243	65,43	68,2	70,60	25	99,91
		1,25	1	6,8	187	47,61	221	68,56	55,3	76,16	24	99,91
			2	6,8	172	51,82	216	69,27	44,8	80,68	23	99,91
			3	6,9	163	54,34	209	70,27	34,0	85,34	20	99,92
			4	6,8	140	60,78	198	71,83	23,6	89,82	19	99,93
	3	0,75	1	7,2	123	65,54	175	75,10	22,1	90,47	19	99,93
			2	7,3	110	69,18	166	76,38	22,0	90,51	19	99,93
			3	7,2	98	72,54	143	79,65	19,0	91,81	18	99,93
			4	7,2	78	78,15	128	81,79	18,0	92,24	17	99,93
		1	1	7,4	62	82,63	106	84,92	17,4	92,50	15	99,94
			2	7,4	46	87,11	87	87,62	17,0	92,67	15	99,94
			3	7,5	34	90,47	85	87,90	15,0	93,53	14	99,94
			4	7,6	28	92,15	73	89,61	14,8	93,62	12	99,95
1,25		1	7,7	39	89,07	51	92,88	13,0	94,39	10	99,96	
		2	7,7	28	92,15	47	93,31	13,0	94,39	10	99,96	
		3	7,8	22	93,83	33	95,30	12,8	94,48	8	99,97	
		4	7,8	19	94,67	29	95,87	12,5	94,61	7	99,97	

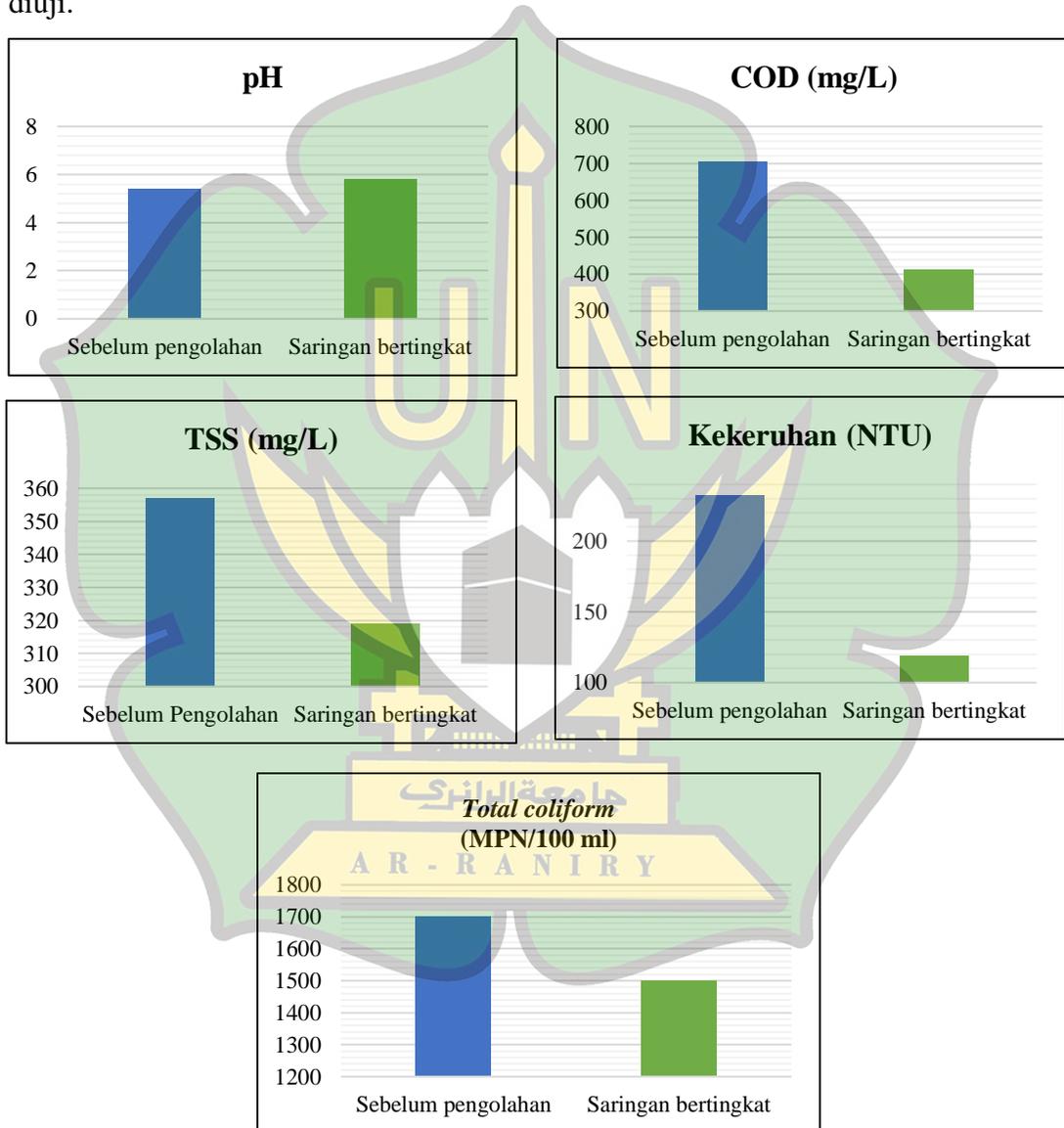
Berdasarkan Tabel 4.1 parameter pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* pada limbah cair domestik yang berada di Jalan Bak Karieng Punge Blang Cut, Kota Banda Aceh melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, serta 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 dan Pemandian Umum.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa limbah cair domestik yang digunakan memiliki kandungan COD sebesar 703 mg/L, TSS sebesar 357 mg/L, kekeruhan 232 NTU dan nilai pH sebesar 5,4 serta nilai *Total coliform* sebesar 1700 MPN/100 ml, seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 4.1. Tabel 4.1 juga menunjukkan nilai dari penormalan pH dan degradasi dari parameter lainnya setelah dilakukan eksperimen. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel tersebut mengalami perubahan dibandingkan sebelum diberi perlakuan. Berdasarkan Tabel 4.1 penggunaan metode saringan bertingkat-fotodegradasi mampu mendegradasi polutan dengan persentase penurunan COD mencapai mencapai 95,87%, TSS mencapai 94,67% dan kekeruhan mencapai 94,61% dan *Total coliform* mencapai 99,58%, serta nilai pH menjadi 7,8. Hasil pengukuran nilai pH menunjukkan pH terus mengalami peningkatan menuju pH normal mencapai 7,8. Sedangkan hasil pengukuran menunjukkan COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform* telah terjadi penurunan yang sangat signifikan dengan penggunaan massa katalis 1,25 gram dalam durasi waktu 3 jam dan menggunakan 4 buah lampu UV seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 4.1.

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Saringan Bertingkat

Metode saringan bertingkat yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan mempengaruhi terhadap nilai parameter yang diuji.



**Gambar 4.2** Nilai parameter sebelum penggunaan metode saringan bertingkat dan setelah penggunaan metode saringan bertingkat

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa penggunaan metode saringan bertingkat berpengaruh terhadap parameter yang diuji, yaitu terhadap nilai pH, COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*. Nilai pH awal limbah cair domestik sebelum pengolahan dalam keadaan asam yaitu 5,4 dan setelah pengolahan dengan metode saringan bertingkat nilainya berubah mengalami peningkatan menjadi 5,8. Perubahan nilai pH ini dipengaruhi oleh media filtrasi yang digunakan (Andrie dkk., 2016). Limbah cair domestik yang melewati zeolit akan diikat kationnya karena zeolit sendiri bermuatan negatif untuk penyeimbangan ion sehingga yang tertinggal adalah ion-ion negatifnya. Berkurangnya ion-ion ( $H^+$ ) dan tersisnya ion-ion ( $OH^-$ ) pada hasil filtrasi menyebabkan kenaikan pH (Sulianto 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muqarromah (2017), penggunaan zeolit dapat meningkatkan nilai pH yang awalnya adalah 5,08 menjadi 6,14. Kemudian penggunaan arang aktif sebagai media filtrasi juga mempengaruhi kenaikan nilai pH, semakin banyak arang aktif yang digunakan maka akan semakin banyak pula zat-zat organik yang dapat masuk ke dalam pori-pori arang aktif. Zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair domestik yang telah diadsorpsi oleh pori-pori arang aktif akan berkurang jumlahnya, sehingga untuk nilai pH akan mengalami kenaikan karena adanya serapan ion hidrogen ( $H^+$ ) oleh arang aktif (Utomo dkk., 2018).

Selain itu, penggunaan media pasir yang memiliki kemampuan untuk menahan partikel-partikel pencemar yang ada pada limbah. Semakin kecil ukuran pasir maka akan semakin banyak polutan-polutan yang akan tertahan pada pori-porinya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang terdahulu yang dilakukan oleh Sulianto (2020) dan Utomo dkk., (2018) bahwa penggunaan pasir, kerikil, arang aktif dan zeolit mampu untuk meningkatkan nilai pH. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam penerapannya pemilihan jenis media perlu dipertimbangkan, agar filtrasi menjadi efektif. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, pH yang diperbolehkan adalah 6,5-9,5.

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi yang ada pada pengairan (Hasanah dan Sugito, 2017). Berdasarkan Tabel 4.1, limbah cair domestik sebelum perlakuan dengan metode saringan bertingkat memiliki nilai COD sebesar 703 mg/L. Nilai tersebut tidak memenuhi baku mutu sehingga diperlukan pengolahan untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair domestik tersebut. Tingginya COD pada air limbah dipengaruhi oleh zat-zat organik yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Berdasarkan Gambar 4.2 penggunaan metode saringan bertingkat mampu untuk mendegradasi nilai COD yang semula adalah 703 mg/L menjadi 411 mg/L. Hal ini dikarenakan penggunaan media filtrasi yang digunakan, arang aktif dan zeolit mampu mengadsorpsi zat-zat organik, semakin berkurangnya zat-zat organik dalam limbah akan menurunkan nilai COD. Sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Asadiya (2018), penggunaan arang aktif dan zeolit mampu menurunkan nilai COD mencapai 92,23%. Pengukuran kadar COD dalam penelitian ini, dimaksudkan dapat dijadikan sebagai suatu nilai yang menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air, dimana agen pengoksidasinya adalah  $K_2Cr_2O_7$ . Angka COD dapat dijadikan sebagai ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi secara alami melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Hal ini berarti semakin tinggi nilai COD akan semakin banyak kadar oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terkandung dalam sampel limbah cair domestik, yang menandakan kandungan polutan organik dalam sampel limbah juga semakin tinggi (Pungus dkk., 2019).

Padatan tersuspensi merupakan zat-zat yang tidak terlarut dalam air (Sumarni, 2012). TSS menjadi salah satu pencemar organik ataupun anorganik yang sering ditemukan pada limbah cair yang membuat air jadi keruh dan menghalangi cahaya matahari masuk ke perairan sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis. Nilai TSS ditentukan oleh banyaknya partikel padat pada air limbah (Jannah, 2019). Berdasarkan Tabel 4.1, konsentrasi kandungan TSS dalam limbah cair domestik sebelum

dilakukannya filtrasi sebesar 357 mg/L, setelah dilakukan proses filtrasi nilai TSS menjadi 319 mg/L dengan efektivitas penurunannya sebesar 10,64%. Berdasarkan Gambar 4.2 penggunaan metode saringan bertingkat mampu untuk mendegradasi nilai TSS mencapai 319 mg/L dengan efektivitasnya adalah 10,64%. Hal ini dikarenakan penggunaan arang aktif sangat baik untuk menyaring limbah cair domestik. Dengan ukuran arang aktif yang semakin tebal semakin meningkatkan daya serap arang aktif terhadap zat-zat berbahaya yang terkandung dalam limbah cair domestik. Ditambah dengan kombinasi zeolit dan pasir yang memang sudah sejak lama terbukti menjadi media penyaring dan adsorben yang baik. Diperkuat oleh penelitian Hasanah dan Sugito (2017), mekanisme penurunan TSS pada arang dikarenakan arang mampu menyerap partikel koloid dan memisahkan padatan dengan cairan dengan efektivitas penurunan mencapai 94,57%.

Pengukuran kekeruhan pada penelitian ini dilakukan dengan Turbidimeter dengan skala NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*). Kekeruhan pada air limbah disebabkan adanya partikel-partikel tersuspensi di dalam air limbah. Berdasarkan Tabel 4.1, limbah cair domestik sebelum diolah memiliki nilai kekeruhan sebesar 232 NTU, setelah pengolahan terjadi penurunan namun belum sesuai standar baku mutu. Berdasarkan Gambar 4.2 penggunaan metode saringan bertingkat mampu untuk mendegradasi nilai kekeruhan mencapai 118,7 NTU dengan efektivitasnya adalah 48,83%. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa penambahan media pasir sebagai media filter membuat laju aliran semakin lambat dan waktu kontak semakin lama sehingga kapasitas adsorpsi juga semakin baik. Selain itu, hal ini diduga karena kemampuan pasir dalam menahan partikel-partikel tersuspensi pada limbah. Menurut Ariani dkk. (2014), Penurunan kekeruhan pada air limbah salah satunya disebabkan karena adanya kemampuan media filtrasi arang aktif membentuk ikatan kompleks antara selulosa dengan tingkat kekeruhan. Ikatan yang terbentuk sangatlah kuat sehingga sulit dilepaskan.

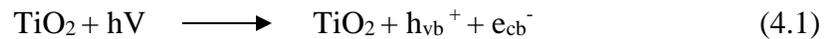
*Total coliform* adalah merupakan bakteri indikator di dalam air untuk mengetahui adanya pencemaran tinja dalam analisis kualitas air. Keberadaan *coliform* dalam air dapat menunjukkan adanya pencemaran oleh mikroorganisme patogen penyebab penyakit. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010, kehadiran bakteri *coliform* tidak diharapkan dalam air minum dengan kadar yang diizinkan adalah sebesar 50 MPN/100 ml sampel. Berdasarkan Gambar 4.2 penggunaan saringan bertingkat mempengaruhi nilai dari *Total coliform*, limbah cair domestik sebelum diolah dengan saringan bertingkat memiliki nilai *Total coliform* sebesar 28.000 MPN/100 ml dan setelah diolah mengalami penurunan menjadi 15.000 MPN/100 ml dengan efektivitas 46,42%. Pemilihan unit *sand filter* ini akan memberikan besar kecepatan sehingga waktu tinggal dari sampel pada suatu media akan jauh lebih sedikit, hal ini tentunya akan meloloskan jumlah bakteri patogen yang ada pada limbah cair domestik. selain itu bakteri patogen dapat tertahan pada media pasir. Kecepatan yang tinggi akan menyebabkan penurunan debit efluen yang terjadi sewaktu penelitian, hal tersebut dapat disebabkan karena padatan tersuspensi yang mulai mengisi pori-pori atau celah pada media kerikil dan pasir sehingga aliran yang terjadi pada celah media menuju pipa outlet menjadi lebih lambat. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Maryani dkk, (2014) bahwa pemilihan kriteria desain unit filtrasi harus dipertimbangkan untuk pengurangan besarnya nilai bakteri *Total coliform* dari suatu limbah cair domestik.

Berdasarkan nilai uji parameter yang sudah dilakukan pada limbah cair domestik hasil pengolahan dengan metode saringan bertingkat, didapatkan hasilnya di atas baku mutu yang berlaku. Oleh karena itu, perlu adanya metode lanjutan untuk menurunkan nilai parameter sebagai indikasi adanya polutan pencemar dalam limbah cair domestik.

#### **4.2.2. Pengaruh Fotokatalis menggunakan TiO<sub>2</sub>**

Fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang digunakan dalam penelitian ini dengan variasi terhadap massa katalis, variasi waktu kontak dan juga terhadap jumlah lampu UV yang

mempengaruhi penormalan terhadap nilai pH dan juga degradasi parameter COD, TSS, kekeruhan dan *Total coliform*. Berikut mekanisme proses fotokatalitik semikonduktor TiO<sub>2</sub> melalui reaksi sebagai berikut:



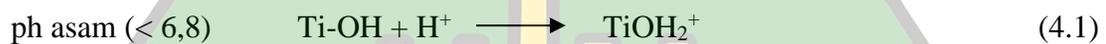
Hal ini berakibat ketika TiO<sub>2</sub> dikenai sinar UV yang bersesuaian atau melebihi energi celah pita dalam oksida titan tersebut, maka elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi (menghasilkan  $e_{\text{cb}}^-$ ) yang menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* ( $h_{\text{vb}}^+$ ) pada pita valensi yang dapat berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya *hole* ( $h_{\text{vb}}^+$ ) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu hidroksida titan yang terdapat dalam larutan membentuk radikal hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat untuk mengoksidasi senyawa organik pada limbah cair domestik.

#### 1. Parameter pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman ataupun tingkat kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Ningrum, 2018). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa massa TiO<sub>2</sub> dan lamanya waktu penyinaran yang digunakan dalam proses fotokatalis mempengaruhi perubahan terhadap nilai pH. Nilai pH limbah cair domestik sebelum dilakukan eksperimen dengan fotokatalis adalah 5,8, setelah dilakukan eksperimen nilai pH menuju pH normal pada massa 1,25 gram dengan waktu kontak 3 jam dan penggunaan 4 buah lampu UV, hasil perubahan nilai pH menunjukkan pH normal yaitu mencapai 7,8.

Hasil pengujian nilai pH menunjukkan bahwa massa katalis dan waktu kontak dapat mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang didapatkan yaitu  $0,000 < 0,05$  untuk massa katalis dan  $0,000 < 0,05$  untuk waktu kontak. Hasil pengujian yang dilakukan pada sampel limbah cair domestik menunjukkan bahwa massa katalis TiO<sub>2</sub> dapat mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan. Perlakuan fotodegradasi pada limbah cair domestik dengan massa 1,25 gram dapat mengubah nilai pH menjadi 7,8 sehingga telah memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Nilai pH berperan dalam terbentuknya

radikal hidroksil (Juhra dan Notodarmodjo, 2016). Permukaan partikel  $\text{TiO}_2$  dapat memiliki muatan positif, tidak bermuatan, atau negatif. Saat pH larutan lebih kecil dari 7 maka permukaan  $\text{TiO}_2$  memiliki muatan positif. Permukaan  $\text{TiO}_2$  yang tidak memiliki muatan terjadi saat pH bernilai di sekitar 7, pH larutan lebih besar dari 7 akan menyebabkan permukaan  $\text{TiO}_2$  bermuatan negatif (Hermawan dan Budianto, 2007). Pada pH yang lebih tinggi, terdapat kelebihan anion  $\text{OH}^-$  yang memfasilitasi fotodegradasi  $\text{OH}^-$  radikal. Perubahan pH menggeser potensial redoks dari pita valensi dan konduksi yang dapat mempengaruhi transfer muatan. Reaksi yang terjadi pada fotokatalis dalam susunan asam dan basa:

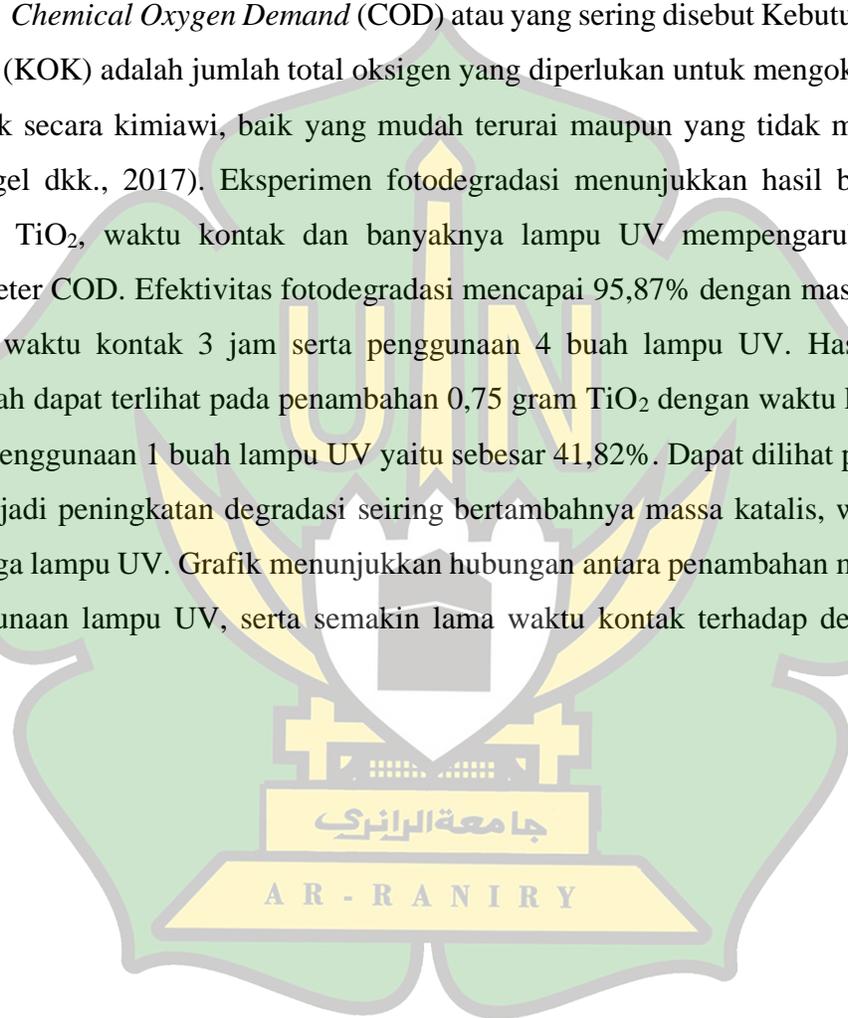


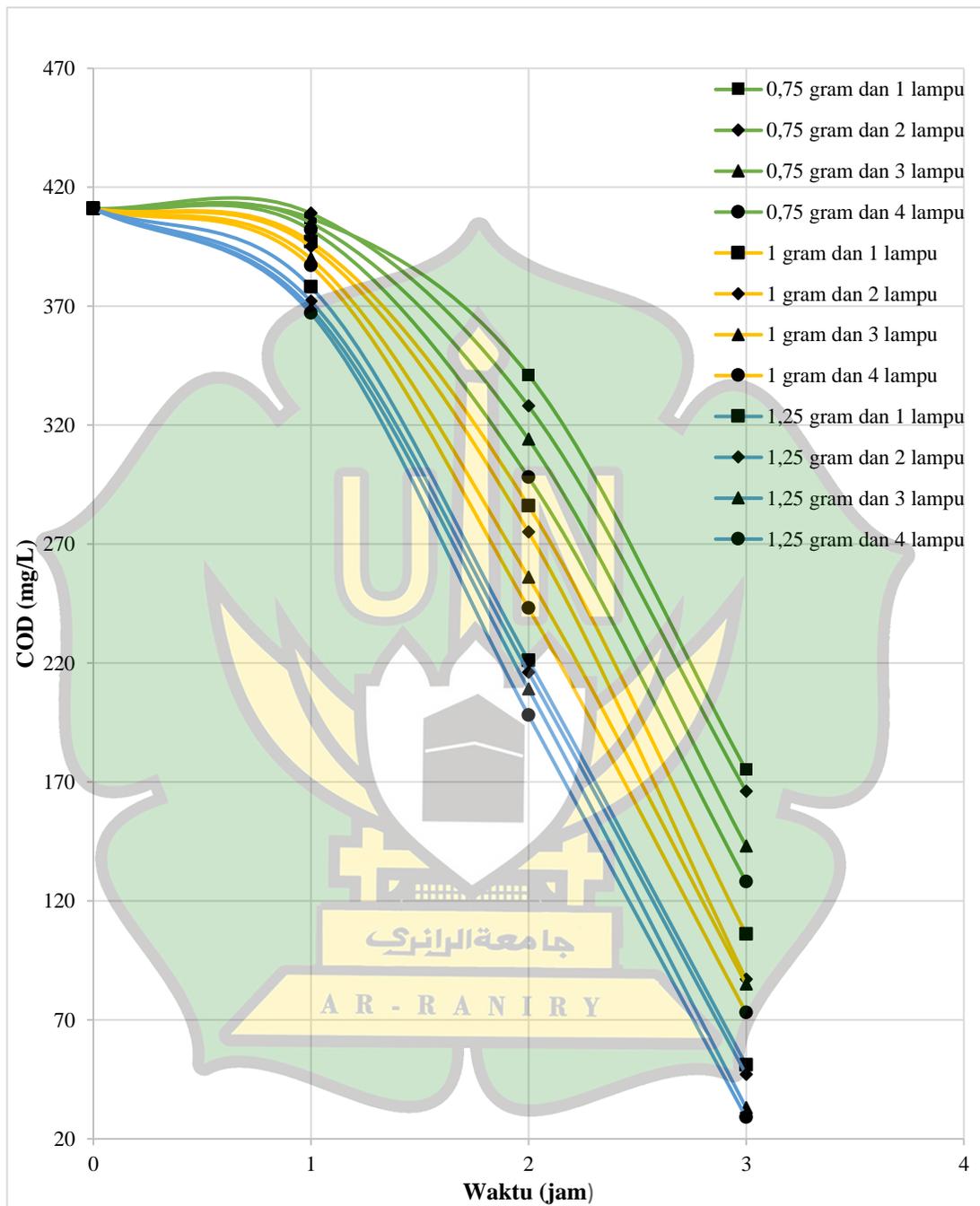
Jika dilihat secara fisik limbah cair domestik sebelum dilakukan proses fotodegradasi memiliki warna yang keruh bila dibandingkan dengan setelah dilakukannya proses fotodegradasi. Hal ini dikarenakan fotokatalis dapat mentransformasikan zat kimia dengan dorongan sinar. Proses ini terjadi ketika katalis dikenai cahaya yang memadai maka elektron yang terdapat dari pita valensi akan berpindah pada pita konduksi, selanjutnya akan meninggalkan lubang pada pita valensi, kemudian lubang positif yang terdapat pada pita valensi akan berinteraksi dengan ion  $\text{OH}^-$  atau air sebagai sampel sehingga akan menghasilkan radikal hidroksil yang reaktif menyerang molekul organik atau anorganik yang terdapat pada air atau pelarut (Andriko dan Sanjaya, 2012). Proses fotodegradasi nilai pH berperan dalam pembentukan  $\text{OH}^-$  karena  $\text{OH}^-$  yang reaktif dalam menyerang molekul organik dan anorganik pada limbah sehingga dapat dikatakan efektif dalam menurunkan parameter lainnya. Kenaikan nilai pH tidak dipengaruhi oleh banyaknya lampu UV, hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan nilai parameter pH adalah 0,087 yang lebih besar dari 0,005. Penggunaan 4 buah lampu UV pada massa katalis 0,75 gram dengan waktu kontak satu, dua dan tiga jam mendapatkan nilai pH 5,9, 6,5 dan 7,2. Penggunaan 4 buah lampu UV pada massa katalis 1 gram dengan waktu kontak satu, dua dan tiga jam mendapatkan nilai pH 6,3, 6,7 dan 7,6. Sedangkan

penggunaan 4 buah lampu UV pada massa katalis 1,25 gram dengan waktu kontak satu, dua dan tiga jam mendapatkan nilai ph 6,4, 6,8 dan 7,8.

## 2. Parameter COD

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau yang sering disebut Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang mudah terurai maupun yang tidak mudah terurai (Flanigel dkk., 2017). Eksperimen fotodegradasi menunjukkan hasil bahwa massa katalis  $\text{TiO}_2$ , waktu kontak dan banyaknya lampu UV mempengaruhi degradasi parameter COD. Efektivitas fotodegradasi mencapai 95,87% dengan massa  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kontak 3 jam serta penggunaan 4 buah lampu UV. Hasil degradasi terendah dapat terlihat pada penambahan 0,75 gram  $\text{TiO}_2$  dengan waktu kontak 1 jam serta penggunaan 1 buah lampu UV yaitu sebesar 41,82%. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 terjadi peningkatan degradasi seiring bertambahnya massa katalis, waktu kontak dan juga lampu UV. Grafik menunjukkan hubungan antara penambahan massa katalis, penggunaan lampu UV, serta semakin lama waktu kontak terhadap degradasi nilai COD.





**Gambar 4.3** Grafik hasil uji penurunan nilai COD limbah cair domestik

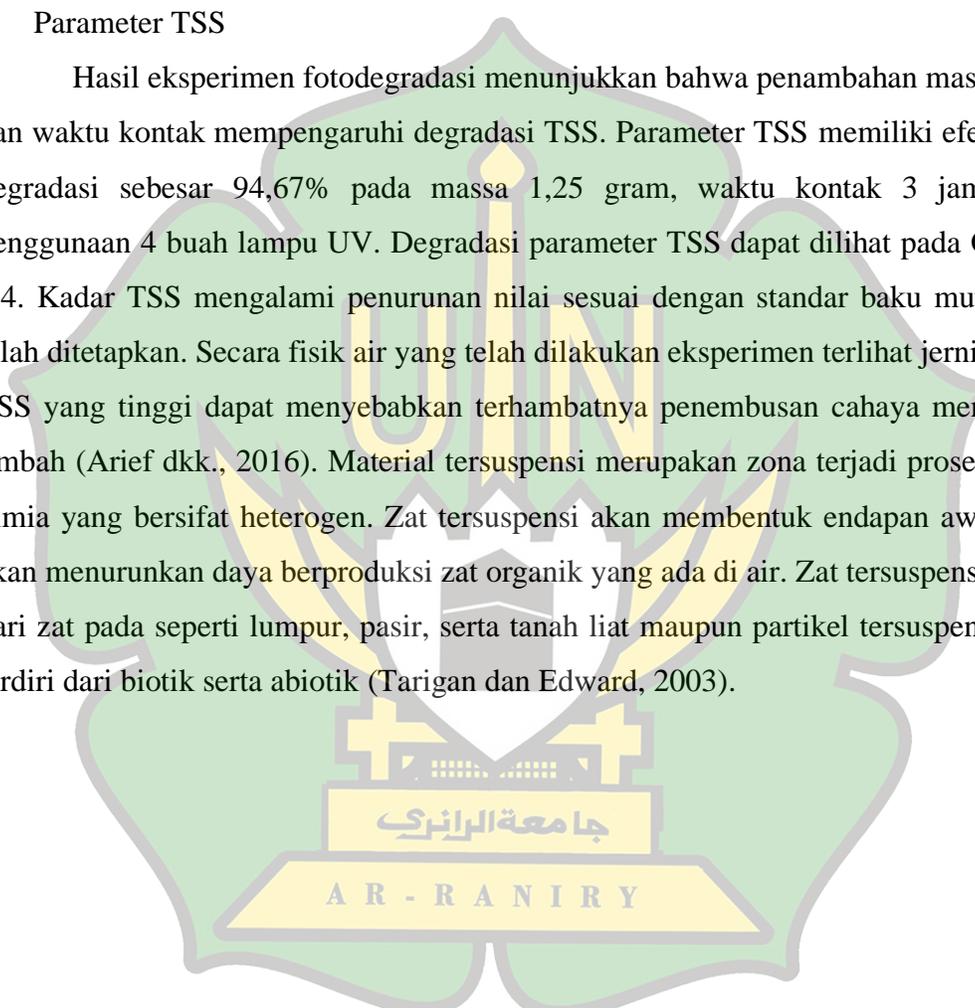
Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh dari variasi massa katalis, waktu kontak dan jumlah lampu UV yaitu  $0,000 < 0,05$ ,  $0,000 < 0,05$  dan  $0,007 < 0,05$ . Hal tersebut membuktikan bahwa massa katalis berpengaruh dalam mendegradasi parameter COD. Efektivitas fotodegradasi mencapai 95,87% dengan massa  $\text{TiO}_2$  1,25 gram serta waktu kontak 3 jam. Hasil degradasi terendah dapat terlihat pada penambahan 0,75 gram  $\text{TiO}_2$  dengan waktu kontak 1 jam yaitu sebesar 42,10%. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 terjadi peningkatan degradasi seiring bertambahnya massa katalis, waktu kontak dan banyaknya lampu UV. Grafik menunjukkan hubungan antara penambahan massa katalis, semakin lama waktu kontak dan semakin banyak penggunaan lampu UV terhadap degradasi nilai COD. Semakin lama waktu kontak akan menyebabkan semakin banyak radikal hidroksil yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu. Semakin banyak massa  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan maka semakin banyak partikel  $\text{TiO}_2$  yang akan bereaksi dengan air limbah. Hal ini berdasarkan Utomo dkk., (2018), COD 2689,89 mg/L menjadi 256,79 mg/L dengan nilai persentase 90,88%.

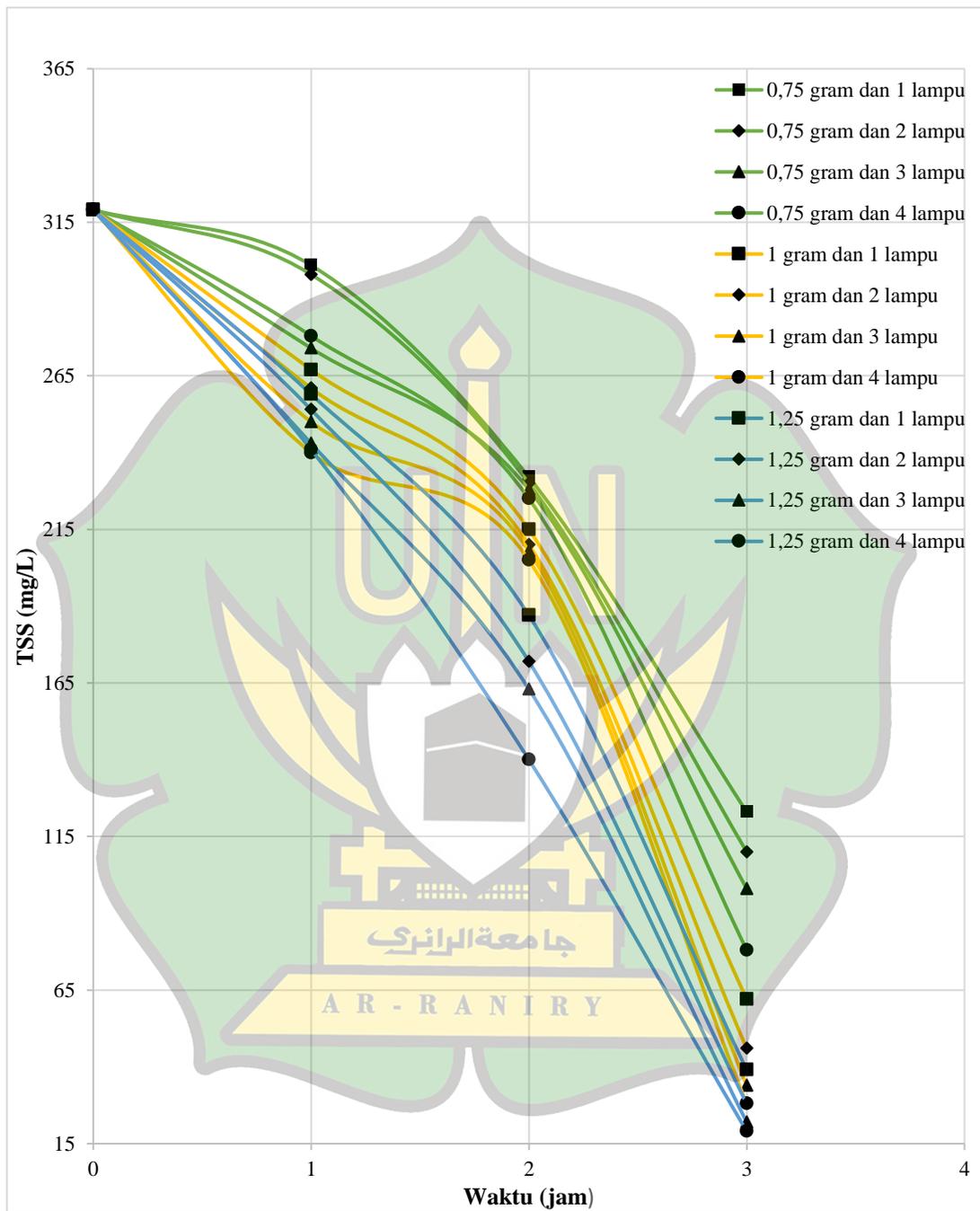
Parameter COD berpengaruh terhadap variasi lamanya waktu kontak dalam penurunan pencemar. Jika dilihat dari Gambar 4.3 terlihat bahwa nilai COD menurun seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Pada perlakuan fotodegradasi dengan waktu kontak 3 jam dengan massa 1,25 gram diperoleh persentase fotodegradasi mencapai 95,97%. Terlihat bahwa semakin lama waktu penyinaran maka interaksi antara cahaya lampu UV, limbah dan katalis  $\text{TiO}_2$  pun semakin meningkat sehingga semakin banyak pula energi foton yang diserap oleh fotokatalis dan molekul air sehingga proses fotodegradasi terjadi semakin efektif (Astuti, 2018). Selain itu, penggunaan lampu UV juga mempengaruhi degradasi nilai COD, energi foton yang dimiliki UV A yaitu sehingga dapat digunakan pada proses fotokatalis untuk menghasilkan radikal hidroksil ( $\text{OH}^\cdot$ ) secara terus menerus. Radikal hidroksil ( $\text{OH}^\cdot$ ) dapat mengoksidasi berbagai macam zat organik dengan cepat dan tidak selektif. Berdasarkan Gambar 4.4 bahwa penggunaan waktu kontak, massa katalis dan jumlah lampu UV mampu meningkatkan proses degradasi. Penurunan terhadap nilai COD

mengindikasikan turunnya kandungan senyawa organik pada limbah cair domestik. Pada kondisi basa  $\text{TiO}_2$  akan bermuatan negatif dikarenakan banyak OH yang terikat dengan  $\text{TiO}_2$ .

### 3. Parameter TSS

Hasil eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa penambahan massa  $\text{TiO}_2$  dan waktu kontak mempengaruhi degradasi TSS. Parameter TSS memiliki efektivitas degradasi sebesar 94,67% pada massa 1,25 gram, waktu kontak 3 jam, serta penggunaan 4 buah lampu UV. Degradasi parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kadar TSS mengalami penurunan nilai sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara fisik air yang telah dilakukan eksperimen terlihat jernih. Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan terhambatnya penembusan cahaya menuju air limbah (Arief dkk., 2016). Material tersuspensi merupakan zona terjadi proses reaksi kimia yang bersifat heterogen. Zat tersuspensi akan membentuk endapan awal yang akan menurunkan daya berproduksi zat organik yang ada di air. Zat tersuspensi terdiri dari zat pada seperti lumpur, pasir, serta tanah liat maupun partikel tersuspensi yang terdiri dari biotik serta abiotik (Tarigan dan Edward, 2003).



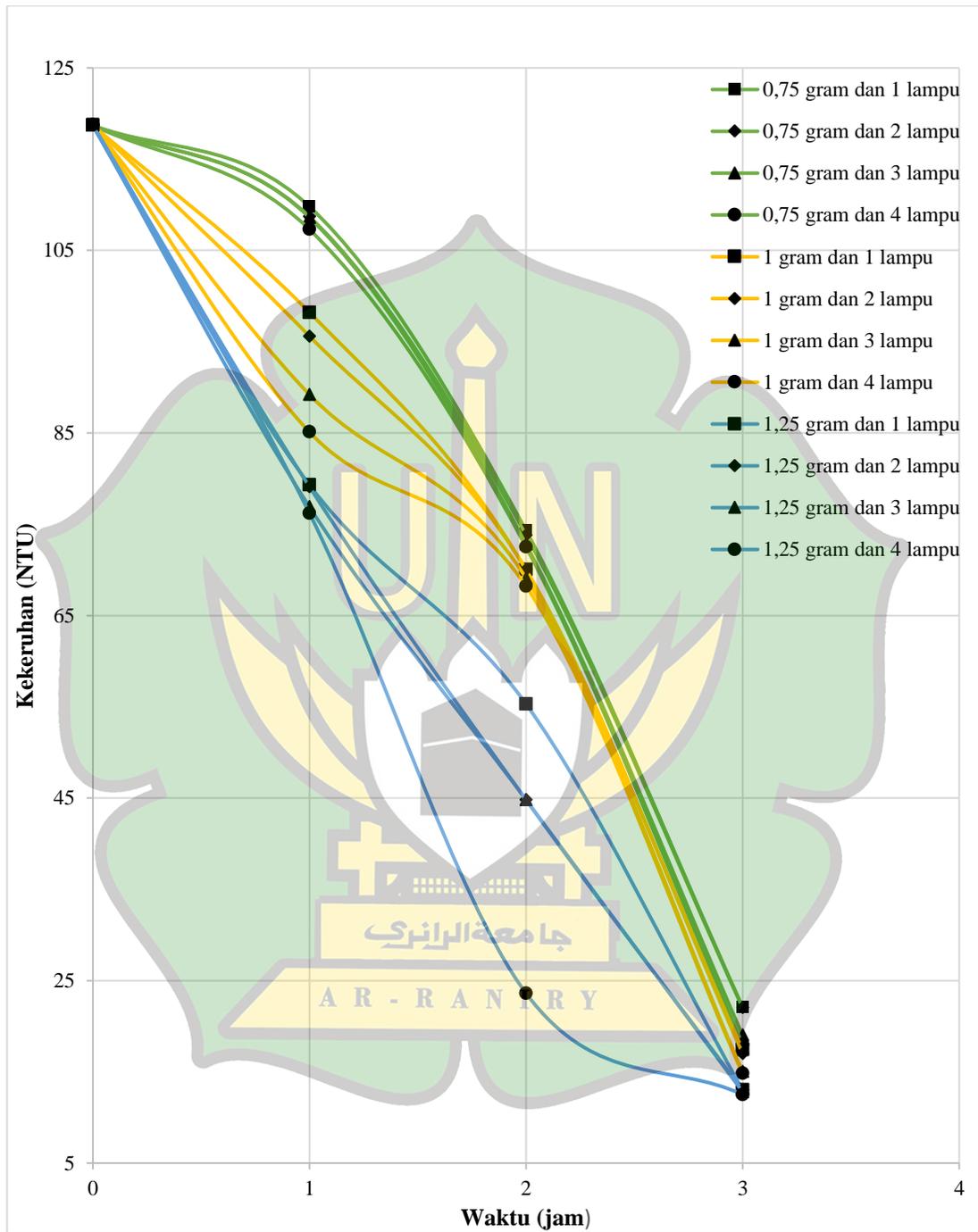


**Gambar 4.4** Grafik hasil uji penurunan nilai TSS limbah cair domestik

Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh dari variasi massa katalis dan waktu kontak yaitu  $0,000 < 0,05$  dan  $0,000 < 0,05$ . Efektivitas degradasi parameter TSS mampu mencapai 94,67% pada penggunaan 1,25 gram dan waktu kontak selama 3 jam hingga memperoleh nilai penurunan dari 319,00 mg/L menjadi 19,00 mg/L. Grafik yang terdapat pada Gambar 4.4 dapat terlihat bahwa penurunan TSS terjadi secara signifikan dan sudah sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Jika dilihat secara fisik, limbah cair domestik setelah proses eksperimen terlihat lebih jernih.

#### 4. Parameter Kekeruhan

Degradasi kekeruhan pada limbah cair domestik mengalami penurunan seiring bertambahnya massa katalis, waktu kontak dan banyaknya lampu UV. Dapat dilihat pada Gambar 4.6, grafik degradasi parameter kekeruhan menunjukkan hasil yang baik. Efektivitas fotodegradasi terendah dapat dilihat pada penambahan massa katalis 0,75 gram pada waktu kontak 1 jam yaitu sebesar 52,67%. Sedangkan efektivitas fotodegradasi tertinggi didapat saat penambahan 1,25 gram katalis dengan waktu kontak 3 jam yaitu sebesar 94,61%. Fotokatalis dapat mendegradasi limbah cair domestik sehingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu yang dimaksud adalah .68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, serta 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 dan Pemandian Umum.



**Gambar 4.5** Grafik hasil uji penurunan nilai kekeruhan limbah cair domestik

Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh dari variasi massa katalis, waktu kontak dan banyaknya lampu UV yaitu  $0,122 < 0,05$  untuk massa katalis,  $0,024 < 0,05$  untuk waktu kontak dan  $0,590 < 0,05$  untuk banyaknya lampu UV. Tidak ada pengaruh penambahan massa yang terlalu banyak terhadap kekeruhan air limbah. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian oleh Permata dkk., (2016) yaitu semakin banyak fotokatalis yang ditambahkan maka larutan akan mengalami titik jenuh. Hal ini menyebabkan tidak bertambahnya persentase degradasi. Degradasi tidak akan meningkat jika terlalu banyak ditambahkan fotokatalis. Fotokatalis akan menyebabkan terjadinya kekeruhan pada larutan. Apabila terjadi kekeruhan maka akan menghalangi sinar UV. Akibatnya elektron yang dibentuk dari proses fotodegradasi tidak akan maksimal.

Eksperimen fotodegradasi menunjukkan hasil bahwa kekeruhan pada air limbah semakin berkurang seiring bertambahnya waktu kontak. Hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter kekeruhan  $0,024 < 0,05$ . Selain itu pada Gambar 4.5 juga dapat dilihat degradasi kekeruhan menunjukkan hasil yang baik. Secara fisik terlihat bahwa air limbah semakin jernih. Berdasarkan proses fotodegradasi katalis  $\text{TiO}_2$  dalam air limbah, akibat penyinaran lampu UV A terhadap air maka akan terbentuk pasangan elektron ( $e^-$ ) dan *hole* ( $h^+$ ). *Hole* yang terbentuk akan mengalami reaksi dengan air pada permukaan  $\text{TiO}_2$  sehingga akan membentuk  $\text{OH}^-$ . Elektron akan mereduksi  $\text{O}_2$  sehingga membentuk  $\text{O}_2^-$  (Gu dkk., 2020).  $\text{OH}^-$  akan membentuk radikal hidroksil ( $\text{OH}$ ) yang akan berperan mengoksidasi senyawa organik yang dimaksud lalu akan diubah menjadi senyawa yang sederhana seperti karbondioksida serta air.

##### 5. Parameter *Total coliform*

Nilai parameter *Total coliform* pada limbah cair domestik mengalami penurunan seiring bertambahnya massa katalis, waktu kontak dan banyaknya lampu UV. Efektivitas fotodegradasi tertinggi didapat saat penambahan 1,25 gram katalis dengan waktu kontak 3 jam yaitu sebesar 99,97%. Hasil analisis regresi linear berganda

menunjukkan bahwa *output* nilai signifikan yang diperoleh dari variasi massa katalis yaitu  $0,000 < 0,05$ , untuk variasi waktu kontak yaitu  $0,000 < 0,05$  dan untuk variasi jumlah lampu UV yaitu  $0,221 < 0,005$ . Berdasarkan hasil analisis regresi tersebut membuktikan bahwa massa katalis dan waktu kontak dapat menekan pertumbuhan *Total coliform*. Adapun mekanisme fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme yaitu apabila mikroorganisme kontak dengan hidroksil radikal dan *reactive oxygen species* (ROS) yang dihasilkan selama penyinaran maka mikroorganisme tersebut akan mati (Naimah dan Ermawati, 2011). Sementara itu dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  sebanyak 1,25 gram dengan menggunakan sinar UV hanya dapat meninaktifkan *Total coliform* hanya dalam waktu 10 menit dimana hampir semua *Total coliform* tidak aktif atau mati (Desiriani, 2020).



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian adalah:

1. Penggunaan metode gabungan saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  efektif terhadap penurunan serta degradasi dari limbah cair domestik. Nilai perubahan pH menjadi 7,8, efektivitas degradasi nilai COD mencapai 95,87%, degradasi kadar TSS mencapai 94,67, degradasi nilai kekeruhan mencapai 94,61 dan degradasi nilai parameter *Total coliform* mencapai 99,58%.
2. Waktu kontak, massa katalis  $\text{TiO}_2$  dan jumlah lampu UV mempengaruhi efektivitas fotodegradasi. Nilai efektivitas proses degradasi COD mencapai 95,87%, degradasi kadar TSS mencapai 94,67, degradasi nilai kekeruhan mencapai 94,61 dan degradasi nilai parameter *Total coliform* mencapai 99,58%.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil yang diperoleh, peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas metode pengendapan pada limbah sebelum dilakukannya proses fotokatalis.
2. Perlu dilakukan studi dan pengembangan lebih lanjut terhadap sisa endapan dari hasil proses fotokatalis.
3. Perlu dilakukan pengujian dalam skala yang lebih besar atau *pilot project* untuk melihat sejauh mana efektivitas dari gabungan kedua metode tersebut terhadap pengolahan limbah cair domestik menjadi air bersih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aba, L., Eso, A., dan Sahiddin, L. O. (2020). Penerapan Sistem Pengolahan Air Bersih Menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi Bertingkat untuk Meningkatkan Derajat Kesehatan Masyarakat di Kelurahan Kambu Kota Kendari. *Jurnal Masyarakat Pemberdayaan*, 2(2), 49–56.
- Andayani, W., dan Bagyo, A. N. M. (2016). *TiO<sub>2</sub> Beads for Photocatalytic Degradation of Humic Acid in Peat Water*. *Journal of Chemistry*, 11(3), 253–257.
- Anggraini, P. D. (2019). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Batik dengan Menggunakan Metode Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif Tempurung Kelapa*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Andrie, A., Fatmawati, S., dan Tehuayo, H. (2016). Rancangan Sistem Penjernihan Air Baku Dengan Sistem Slow Sand Filter Di Desa Lekopancing Kab. Maros Sulawesi Selatan. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 11(01), 1523–1530.
- Andriko, N., dan Sanjaya, H. (2012). Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna Methyene 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.
- Ariani, W., Sumiyati, S., dan Wardana, I. W. (2017). Studi Penurunan Kadar COD Dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob- Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 1–10.
- Ariani, W., Sumiyati, S., dan Wardana, I. W. (2014). Studi Penurunan Kadar Cod Dan Tss Pada Limbah Cair Rumah Makan Dengan Teknologi Biofilm Anaerob - Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 1–10.
- Arief, S., Stiadi, Y., dan Rizal, R. (2016). *Synthesis of Magnetic Nanoparticles of TiO<sub>2</sub>-NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Characterization And Photocatalytic Activity on Degradation of Rhodamine B*. 12(3), 229–234.
- Artiyani, A., dan Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Upflow dengan Media Pasir Zeolit dan Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Jurnal Industri Inovatif*, 6(1), 36.
- Asadiya, A. (2018). Pengolahan Air Limbah domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, Dan Kebumihan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Astuti, F. (2018). Efek Fotodegradasi pada Pengolahan Surfaktan Anionik dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 2(1), 19–24.

- Auzar. (2016). Upaya Meningkatkan Baku Mutu Air Rawa dengan Melakukan Penyaringan Menggunakan Media Arang Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa. *Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(1), 13–20.
- Awfa, D., Ateia, M., Fujii, M., dan Yoshimura, C. (2019). *Novel Magnetic Carbon Nanotube-TiO<sub>2</sub> Composites for Solar Light Photocatalytic Degradation of Pharmaceuticals in the Presence of Natural Organic Matter*. *Journal of Water Process Engineering*, 3(1), 1–9.
- Belladonna, M., dan Yanto, H. N. (2016). Perancangan Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik Terpadu pada Kawasan Kampung Nelayan di Kota Bengkulu. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 13–19.
- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. 2020. Statistik Indonesia Tahun 2020. Banda Aceh: Badan Pusat Statistik.
- Ernawati, H. (2014). Pengaruh *Small Group Discussion* Terhadap Pengetahuan Tentang *Dismenore* pada Siswi SMPN I Dolopo. *Jurnal Florence*, 7(1), 1–5.
- Everton, H. M. (2021). *Environmental Assessment of Water, Chemicals and Effluents in Leather Post-Tanning Process: A Review*. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 89, 13–14.
- Fajriati, I., dan Wahyuni, E. T. (2014). *Photocatalytic Decolorization Study of Methyl Orange By TiO<sub>2</sub> -Chitosan Nanocomposites*. *Journal of Chemistry*, 14(3), 209–218.
- Fatimah, I., dan Wijaya, K. (2015). Sintesis TiO<sub>2</sub>/Zeolit Sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267.
- Flanigel, E. M., Broach, R. W., dan Wilson, S. T. (2017). *Zeolite in Industrial Separation and Catalysis*. Eds. Kulprathipanja, S., Wileyvch Verlag GmbH dan Co. KGaA, Weinheim., 4(2), 345–350.
- Gu, J., Liang, J., dan Chen, C. (2020). *Treatment of Real Deplating Wastewater Through an Environmental Friendly Precipitation-electrodeposition-oxidation Process : Recovery of Silver and Copper and Reuse of Wastewater*. *Separation and Purification Technology*, 1(2), 248.
- Halim, P. A. (2016). *Biosand Filter* dengan Reaktor Karbon Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Skripsi*.
- Hasanah, U., dan Sugito, S. (2017). Removal Cod Dan Tss Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(1), 61–69.
- Hermawan, P., dan Budianto, A. (2017). Fotodegradasi Zat Pewarna *Methylene Blue* Menggunakan Fotokatalis ZnO. *Berkala Penelitian Teknologi, Sepatu, Dan Produk Kulit*. ISSN 1411-7703.

- Hermawan, P., Pranowo, H. D., dan Kartini, I. (2016). *Physical Characterization of Ni(I) Doped TiO<sub>2</sub> Nanocrystal By Sol-Gel Process*. 11(2), 135–139.
- Hibatullah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (*Grey Water*) menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan Menggunakan Sistem Batch. *Skripsi*.
- Jannah, F. H. S. (2019). *Pengaruh Tinggi Media Pasir Silika Terhadap Penyisihan Kekeruhan Pada Unit Filtrasi Pengolahan Air Minum*.
- Juhra, F., & Notodarmodjo, S. (2016). Degradasi Zat Warna pada Air Gambut Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi dan Fotokatalitik ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 42–51.
- Kalsum, L., dan Hasan, A. (2019). Penerapan Instalasi Pengolahan Air Bersih Menggunakan Sistem Filtrasi Bertingkat. *Jurnal Politeknik Sriwijaya*, 2(1), 39–44.
- Khairunnisa. (2021). *Pengolahan Air Bersih dengan Metode Filtrasi Menggunakan Media Arang Aktif Kulit Durian*. *Skripsi*.
- Kholif, M., Alifia, A. R., Pungut, Sugito, dan Sutrisno, J. (2020). Kombinasi Teknologi Filtrasi dan *Anaerobik Buffled Reaktor* (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 15(2), 19–24.
- Kirhensteine. (2016). *EU-level Instruments on Water Reuse*. In *Publications Office of the European Union (Issue October)*.
- Kuesnaedi. (2016). *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. *Rineka Cipta*.
- Kunarti, E. S., Kartini, I., Syoufian, A., dan Widyandari, K. M. (2018). *As a Magnetically Separable Visible Light Responsive Photocatalyst*. 18(3), 403–410. <https://doi.org/10.22146/ijc.26831>
- Linda Trivanaa, Sugiartib, S., dan Rohaetib, E. (2016). Sintesis Zeolit dan Komposit Zeolit/TiO<sub>2</sub> dari Kaolin Serta Uji Adsorpsi-Fotodegradasi Biru Metilena. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 11(2), 147–162.
- Mallongi, Daud, I., Ane dan Birawida. (2017). *Clean Water Treatment Technology with an Up-Flow Slow Sand Filtration System from a Well Water Source in The Tallo District of Makassar*. *Journal of Environmental Science and Technology*, 10(1), 44–48.
- Maryani, D., Maryani, D., Masduqi, A., dan Moesriati, A. (2014). Pengaruh ketebalan media dan rate filtrasi pada sand filter dalam menurunkan kekeruhan dan total coliform. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), D76–D81.
- Muqarromah. (2017). Penurunan Kaa Besi (Fe) pada Air Sumur Gali di Sumur Gali di Desa Batoh, Kecamatan Lueng Bata Kota Banda Aceh dengan Menggunakan Briket Kulit Durian. *Skripsi Kesehatan Masyarakat*.
- Moslehyani, A., Hubadillah, S. K., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., dan Matsuura, T.

- (2018). In *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes: Photocatalytic Membranes and Photocatalytic Membrane Reactors. Water and Wastewater Treatment.*, 1(1), 304–308.
- Mukaromah, A. H., dan Irawan, B. (2008). Pemanfaatan Reaktor Membran Fotokatalitik dalam Mendegradasi Fenol dengan Katalis  $\text{TiO}_2$  dengan Adanya Ion Logam. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- Naimah, S., dan Ermawati, R. (2021). Efek Fotokatalisis Nano  $\text{TiO}_2$  Terhadap Mekanisme Antimikrobia *E Coli* Dan *Salmonella*. *Jurnal Riset Industri*, 5(2), 113–120.
- Nilasari, E., Faizal, M., dan Suheryanto, S. (2016). Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Menggunakan Proses Gabungan Saringan Bertingkat dan Bioremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), (Studi Kasus di Perumahan Griya Mitra 2, Palembang). *Jurnal Penelitian Sains*, 18(1), 16–17.
- Ningrum, S. O. 2018. Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1-4.
- Pakpahan, R. S., Picauly, I. dan Mahayasa, I. N. W. 2019. Cemaran Mikroba *Escherichia coli* dan Total Bakteri Koliform pada Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(2), 40-49.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.
- 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* dan Pemandian Umum.
- Permata, D. G., Diantariani, N. P., & Widihati, I. A. G. (2016). Degradasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis  $\text{ZnO}$  dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(2), 263–269.
- Pidou, M., Mamon, F. A., Stephenson, T., Jefferson, B., dan Jeffrey, P. (2017). *Greywater recycling: Treatment Options and Applications. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 160(3), 119–131.
- Pungus, M. (2019). Penurunan Kadar BOD dan COD dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam Sebagai Media Filtrasi. *Fullerene Journal Of Chem*, 4(2), 54–60.
- Purwatiningrum, O. (2018). Gambaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal Di Kelurahan Simokerto. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(82).
- Purwonugroho dan Nasruddin. (2013). Keefektifan Kombinasi Media Filter Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn). *Artikel Publikasi Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surakarta*.

- Puspawati, S. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe dengan Filtrasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 129–136.
- Radityaningrum. (2017). Perbandingan Kinerja Media *Biofilter Anaerobic Biofilter* dalam Penurunan TSS, BOD, COD pada *Grey Water*. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(2), 25–34.
- Raganata, T. C., dan Aritonang, H. (2019). *Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue*. *Chemistry Progress*, 12(2), 23.
- Rahmat, B. dan Anwar, M. 2018. Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Janeponto. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNK)*, 1(1), 32-34.
- Rahmawati, F., Wahyuningsih, S., dan Pamularsih, A. W. (2016). *Synthesis of Thin Film Of TiO<sub>2</sub> On Graphite Substrate By Chemical Bath Deposition Sintesis Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Pada Substrat Grafit Secara Chemical Bath Deposition*. 6(2), 121–126.
- Sattuang, H., Mustari, K., dan Syahrul, M. (2020). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Studi Kasus Batikite Resort Jenepono. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1).
- Slamet, S., Arbianti, R., dan Marliana, E. (2007). Pengolahan Limbah Cr (VI) dan Fenol dengan Fotokatalis Serbuk TiO<sub>2</sub> Dan CuO/TiO<sub>2</sub>. *Reaktor*, 11(2), 78–85.
- Suastuti. (2017). Pengolahan Larutan Deterjen dengan Biofilter Tanaman Kangkung (*Ipomoea crassicaulis*) dalam Sistem Batch (Curah) Terserasi. *Jurnal Kimia*, 9(1), 98–104.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., dan Nandiyanto, A. B. D. (2016). Fotokatalis untuk pengolahan limbah cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2).
- Sulianto. (2020). Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem *Down Flow*. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(2), 31–39.
- Sulistia, S., dan Septisya, A. C. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1).
- Sulistyanti, D., Antoniker, A., dan Nasrokhah, N. (2018). Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi pada Pengolahan Limbah Laboratorium. *Edu Chemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(2), 147.
- Sumarni. (2012). Adsorpsi Zat warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi (SNAST) Periode III. Yogyakarta*.
- SNI Nomor 6989.59:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Supriyanto, B. (2016). Pengelolaan Air Limbah yang Berwawasan Lingkungan Suatu

- Strategi dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 17–26.
- Sutandi, M. C. (2018). Penelitian Air Bersih di PT. Summit Plast Cikarang. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1–9.
- Tarigan, M. S., & Edward. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Makara Sains*, 7(3), 109–119.
- Tjahjanto, R. T., dan Jarnuzi, G. (2017). Preparasi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan Preparasi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis. *Makara, Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*, 5(2), 81–90.
- Travolaro, B. A., dan Drioli, E. (2016). *Zeolit Membranes. Department of Chemical and Material Engineering*, 2(1), 394–396.
- Triono, M. O. (2018). Akses Air Bersih Pada Masyarakat Kota Surabaya Serta Dampak Buruknya Akses Air Bersih Terhadap Produktivitas Masyarakat Kota Surabaya. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 3(2), 93–106.
- Utomo, K. P., Saziati, O., dan Pramadita, S. (2018). Sabut kelapa Sebagai Filter Limbah Cair Rumah Makan Cepat Saji. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(2), 30.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. (2016). Utilisasi TiO<sub>2</sub>-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Teknoin*, 11(3), 199–209.
- Yuliara, M. (2017). Regresi Linear Berganda. *Jurnal Fisika Udayana*, 1(1), 12–19.
- Yunita, M., Rizki, P., dan Sitorus, B. (2016). Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang (*Water Reuse*). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Zein, S. Z., Yasyifa, L. Y., Khozi, R. G., Harahap, E., Badruzzaman, F. H., & Darmawan, D. (2019). Pengolahan dan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan Aplikasi SPSS. *Teknologi Pembelajaran*, 4(2), 1–7.
- Zigneswaran. (2019). *Recycle and Reuse of Domestic Wastewater in Wastewater Recycle, Reuse, and Reclamation. Encyclopedia of Life Support System*, 1(1), 230.
- Zulkarnaini, Darnas, Y., dan Nofriya. (2017). Pengaruh Berat TiO<sub>2</sub> Anatase, Kecepatan Pengadukan dan pH dalam Degradasi Senyawa Fenol. *Prosiding*, 1(1), 220–225.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Metode Pengambilan Sampel Uji Pendahuluan

#### 1. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel *grey water* dengan tahapan sebagai berikut:

- Sampel limbah cair domestik diambil dengan menggunakan gayung untuk dimasukkan ke dalam botol-botol yang telah disediakan.
- Untuk sampel air limbah cair domestik parameter total *coliform* dimasukkan dalam botol kaca, sebelum dimasukkan sampel pinggiran botol dioleskan dengan alkohol dan dibakar agar steril.
- Untuk sampel air limbah cair domestik parameter pH, COB, TSS dan kekeruhan dimasukkan ke dalam botol air mineral.

#### 2. Tempat dan Waktu Uji Pendahuluan

Pengujian sampel limbah cair domestik parameter *Total coliform* dilakukan di laboratorium UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Pengujian Alat Kesehatan, sedangkan untuk sampel limbah cair domestik parameter COD dan BOD di laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala dan untuk parameter pH dan kekeruhan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry.

#### 3. Hasil Pengukuran awal

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Pendahuluan	Kadar Maksimum
1	pH		7,2	6-9
2	COD	mg/L	482	100
3	BOD	mg/L	116	30
4	<i>Total coliform</i>	Jumlah/100ml	35.000	3000
5	Kekeruhan	NTU	878	25

## Lampiran 2. Standar Baku Mutu

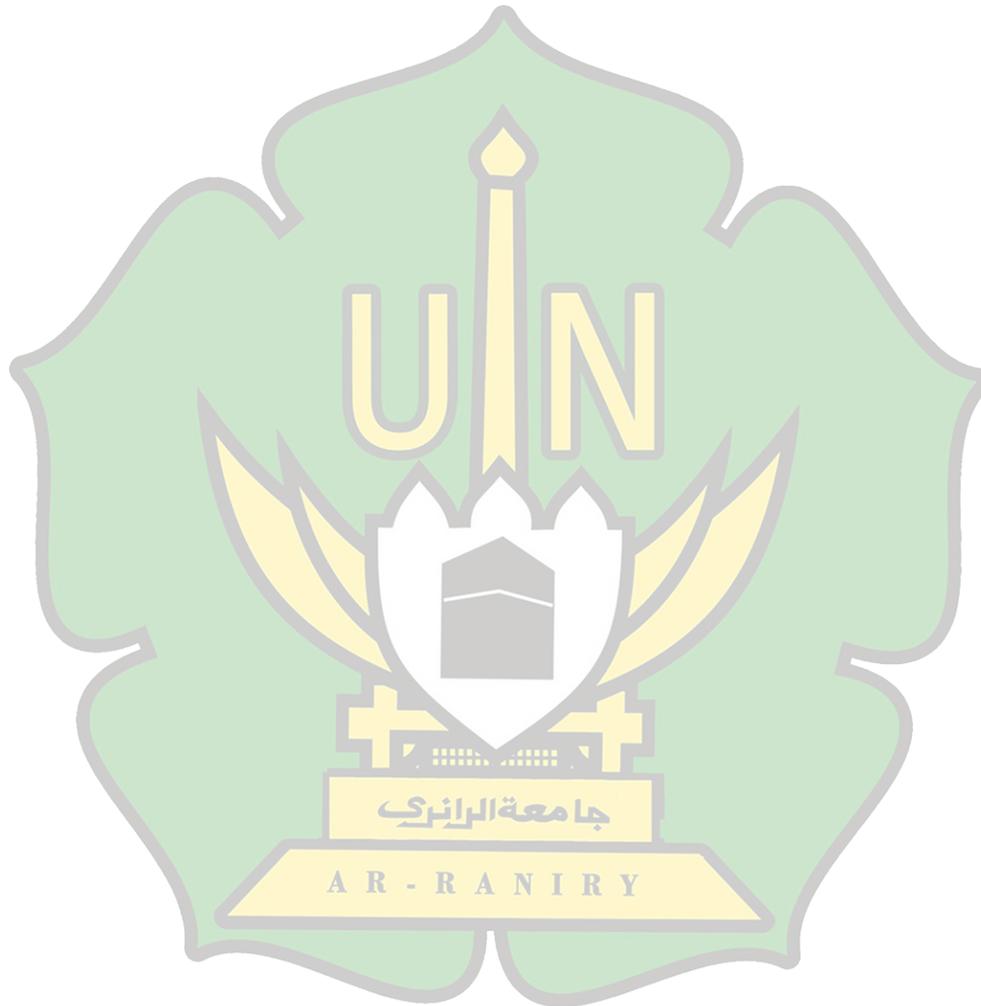
1. Permen LHK: P. 68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1	pH	-	6-9
2	COD	mg/L	100
3	BOD	mg/L	30
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	<i>Total Coliform</i>	Jumlah/100MI	3000

2. Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi.

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
<b>A. Fisika</b>			
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
5	Rasa	-	Tidak berasa
6	Bau	-	Tidak berbau
<b>B. Kimia (wajib)</b>			
1	pH	mg/l	6,5-8,5
2	Besi	mg/L	1
3	Fluorida	mg/L	1,5
4	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500
5	Mangan	mg/L	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/L	10
7	Nitrit sebagai N	mg/L	1
8	Sianida	mg/L	0,1
9	Deterjen	mg/L	0,05
10	Pestisida total	mg/L	0,1
<b><u>Kimia (Tambahan)</u></b>			
1	Air raksa	mg/L	0,001
2	Arsen	mg/L	0,05
3	Kadmium	mg/L	0,005
4	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5	Selenium	mg/L	0,01
6	Seng	mg/L	15

7	Sulfat	mg/L	400
8	Timbal	mg/L	0,05
9	Benzena	mg/L	0,01
<b>C</b>	<b>Biologi</b>		
1	Total coliform	CFU/100ml	50
2	E. coli	CFU/100ml	0

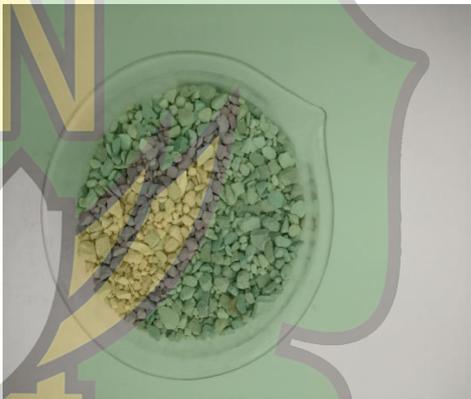


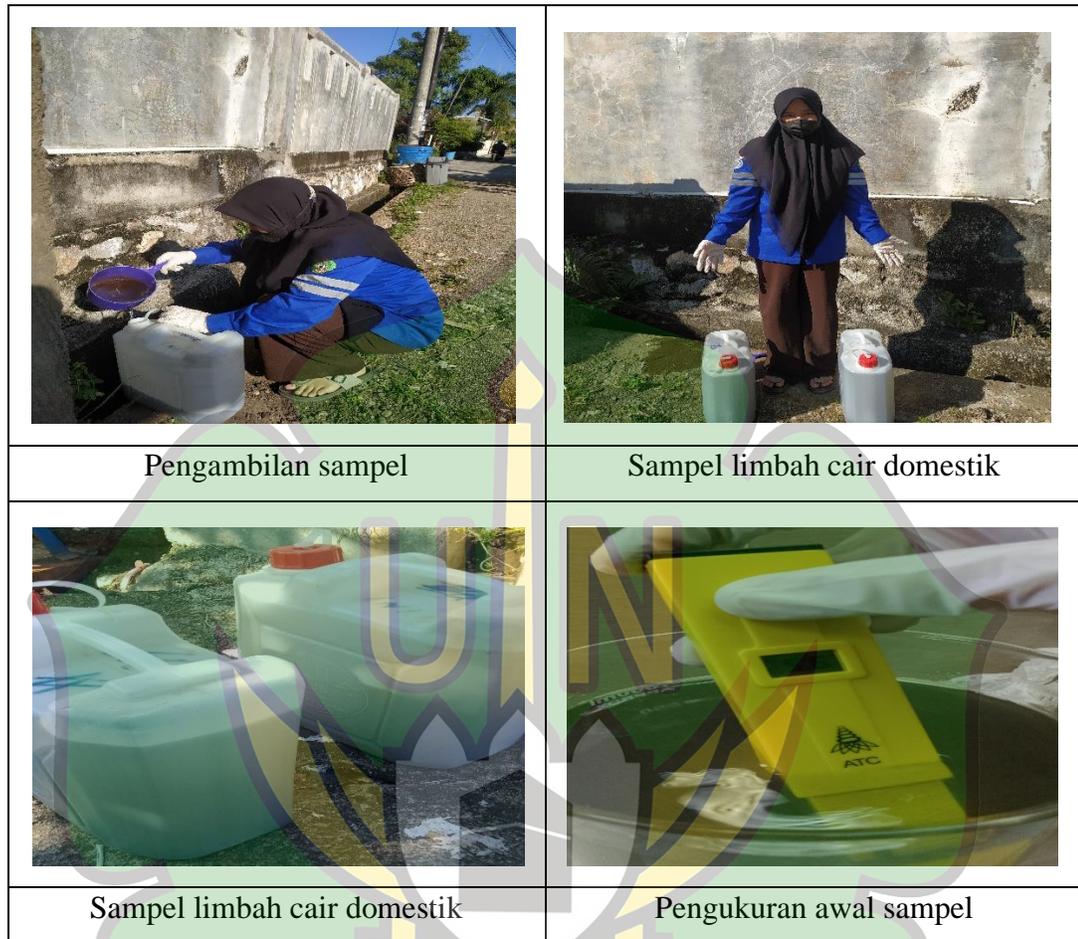
### Lampiran 3. Metode Pengambilan Contoh Sampel

Metode pengambilan contoh sampel menurut (SNI 6989.59:2008):

1. Persyaratan alat pengambil contoh sampel Alat pengambil contoh sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
  - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh.
  - b. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.
  - c. Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.
  - d. Mudah dan aman di bawa.
  - e. Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.
2. Jenis alat pengambil contoh sampel  
Alat pengambil contoh sampel sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.
3. Pengambilan contoh sampel  
Cara pengambilan contoh sampel untuk pengujian kualitas air sebagai berikut:
  - a. Siapkan alat pengambil contoh sesuai dengan saluran pembuangan.
  - b. Bilas alat dengan contoh yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali.
  - c. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan.
  - d. Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis.
  - e. Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan.
  - f. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus.
  - g. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan.

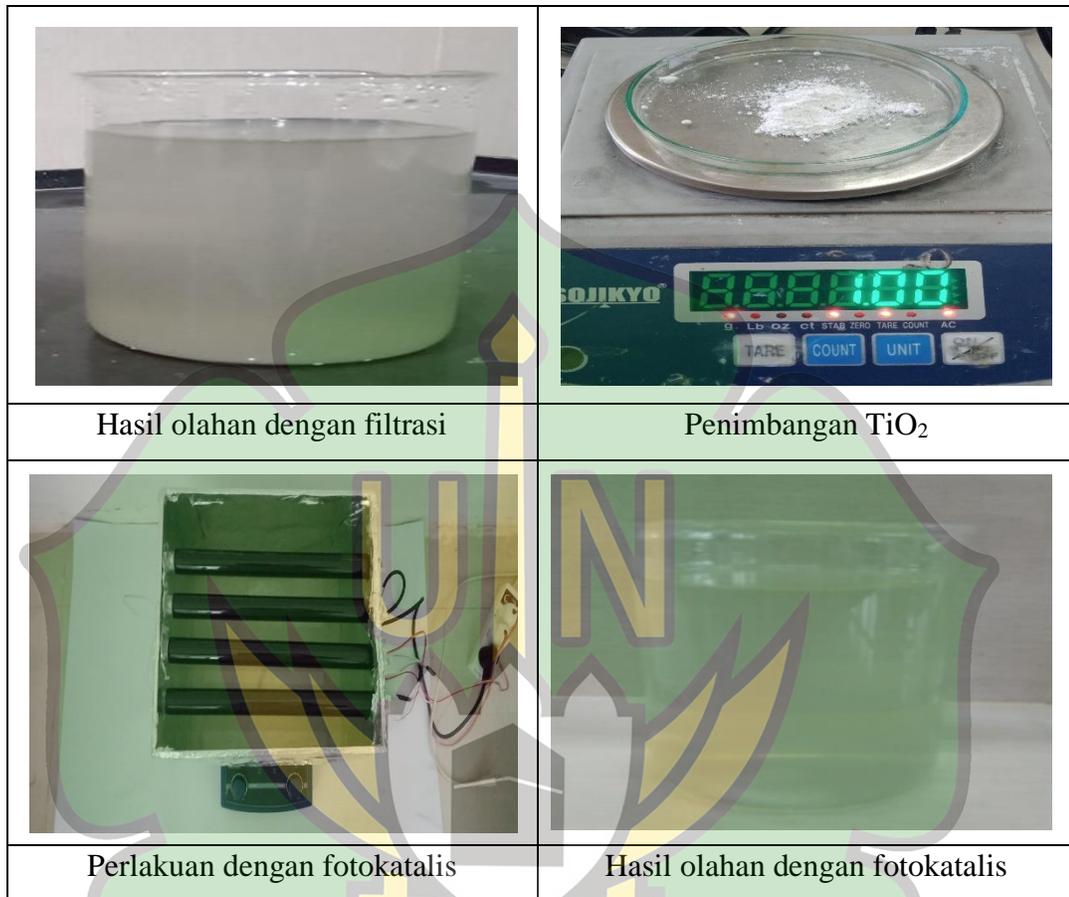
**Lampiran 4. Dokumentasi Tahapan Perlakuan dan Pengukuran****4.1 Tahap Persiapan**

	
Media pasir	Media arang
	
Media kerikil	Media zeolit
	
Pembuatan reaktor saringan bertingkat	Pembuatan reaktor fotokatalis



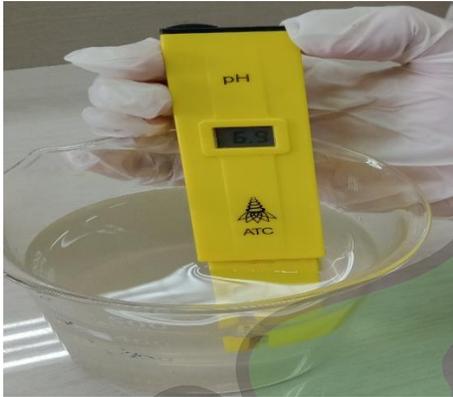
#### 4.2 Tahap Perlakuan





#### 4.3 Tahap Pengukuran





Pengukuran pH sampel



Pencucian pH Meter



Pompa Vakum TSS



Kertas saring



Perlakuan TSS



Pengerinan kertas saring di oven



Pendinginan kertas saring



Penimbangan kertas saring



Perlakuan COD



Sampel



COD Reaktor dan pemanasan sampel



Perhitungan nilai COD dengan COD meter

	
<p>Turbidimeter</p>	<p>Perlakuan sampel</p>
	
<p>Nilai pengukuran kekeruhan</p>	<p>Nilai pengukuran kekeruhan</p>

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

### Lampiran 5. Perhitungan parameter TSS limbah cair domestik

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai TSS adalah:

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

dengan A adalah berat residu kering ditambah kertas saring dan B adalah berat dari kertas saring (mg).

#### 5.1 Sampel limbah cair domestik sebelum dilakukan perlakuan

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2198 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 357 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

#### 5.2 Limbah cair domestik setelah perlakuan dengan filtrasi

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2160 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 319 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

#### 5.3 Limbah cair domestik setelah perlakuan dengan fotokatalis

- 1) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2145 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 301 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 2) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2140 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 298 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 3) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2115 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 274 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 4) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2120 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 278 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 5) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2108 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 267 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 6) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2102 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 261 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 7) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2091 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 250 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 8) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2081 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \end{aligned}$$

$$= 240 \text{ mg/L}$$

- 9) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2100 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 259 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 10) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2095 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 254 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 11) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2084 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 243 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 12) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2081 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 241 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 13) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2073 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 232 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- 14) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

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

$$= \frac{(0,2071-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 230 \text{ mg/L}$$

15) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

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

$$= \frac{(0,2069-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 228 \text{ mg/L}$$

16) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

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

$$= \frac{(0,2066-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 225 \text{ mg/L}$$

17) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

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

$$= \frac{(0,2056-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 215 \text{ mg/L}$$

18) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

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

$$= \frac{(0,2050-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 210 \text{ mg/L}$$

19) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

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

$$= \frac{(0,2049-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 208 \text{ mg/L}$$

20) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2046 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 205 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

21) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2028 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 187 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

22) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2013 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 172 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

23) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2003 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 163 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

24) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1981 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 140 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

25) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1964 - 0,1841) \times 1000}{0,1} \end{aligned}$$

$$= 123 \text{ mg/L}$$

26) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1951-0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 110 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

27) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1939-0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 78 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

28) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1919-0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 78 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

29) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1903-0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 62 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

30) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1887-0,1841) \times 1000}{0,1} \\ &= 46 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

31) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

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

$$= \frac{(0,1875-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 34 \text{ mg/L}$$

32) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

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

$$= \frac{(0,1869-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 28 \text{ mg/L}$$

33) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

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

$$= \frac{(0,1880-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 39 \text{ mg/L}$$

34) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

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

$$= \frac{(0,1869-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 28 \text{ mg/L}$$

35) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

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

$$= \frac{(0,1863-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 22 \text{ mg/L}$$

36) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

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

$$= \frac{(0,1860-0,1841) \times 1000}{0,1}$$

$$= 19 \text{ mg/L}$$

**Lampiran 6. Efisiensi penurunan TSS, COD, kekeruhan dan *Total coliform* pada limbah cair domestik**

**6.1 Efisiensi penurunan parameter menggunakan metode saringan bertingkat**

a. Parameter TSS

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 319)}{357} 100\% \\ &= 10,64\% \end{aligned}$$

b. Parameter COD

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{COD \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(703 - 411)}{703} 100\% \\ &= 41,53\% \end{aligned}$$

c. Parameter kekeruhan

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 118,7)}{232} 100\% \\ &= 48,83\% \end{aligned}$$

d. Parameter *Total coliform*

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 15.000)}{28.000} 100\% \\ &= 46,42\% \end{aligned}$$

## 6.2 Efisiensi penurunan parameter menggunakan metode fotodegradasi

### a. Parameter TSS

- 1) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 301)}{357} 100\% \\ &= 15,68\% \end{aligned}$$

- 2) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 298)}{357} 100\% \\ &= 16,52\% \end{aligned}$$

- 3) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 274)}{357} 100\% \\ &= 23,24\% \end{aligned}$$

- 4) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 278)}{357} 100\% \\ &= 22,12\% \end{aligned}$$

- 5) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 267)}{357} 100\% \\ &= 25,21\% \end{aligned}$$

- 6) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-261)}{357} 100\%$$

$$= 26,89\%$$

- 7) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-250)}{357} 100\%$$

$$= 29,97\%$$

- 8) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-240)}{357} 100\%$$

$$= 32,77\%$$

- 9) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-259)}{357} 100\%$$

$$= 27,45\%$$

- 10) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-254)}{357} 100\%$$

$$= 28,85\%$$

- 11) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(357-243)}{357} 100\%$$

$$= 31,93\%$$

12) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 241)}{357} 100\% \\ &= 32,49\% \end{aligned}$$

13) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 232)}{357} 100\% \\ &= 35,01\% \end{aligned}$$

14) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 230)}{357} 100\% \\ &= 35,57\% \end{aligned}$$

15) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 228)}{357} 100\% \\ &= 36,13\% \end{aligned}$$

16) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 225)}{357} 100\% \\ &= 36,97\% \end{aligned}$$

17) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 215)}{357} 100\% \\ &= 39,77\% \end{aligned}$$

18) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 210)}{357} 100\% \\ &= 41,17\% \end{aligned}$$

19) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 208)}{357} 100\% \\ &= 41,73\% \end{aligned}$$

20) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 205)}{357} 100\% \\ &= 42,57\% \end{aligned}$$

21) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 187)}{357} 100\% \\ &= 47,61\% \end{aligned}$$

22) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 172)}{357} 100\% \\ &= 51,82\% \end{aligned}$$

23) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 163)}{357} 100\% \\ &= 54,34\% \end{aligned}$$

24) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 140)}{357} 100\% \\ &= 60,78\% \end{aligned}$$

25) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 123)}{357} 100\% \\ &= 65,54\% \end{aligned}$$

26) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 110)}{357} 100\% \\ &= 69,18\% \end{aligned}$$

27) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 98)}{357} 100\% \\ &= 72,54\% \end{aligned}$$

28) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 78)}{357} 100\% \\ &= 78,15\% \end{aligned}$$

29) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 62)}{357} 100\% \\ &= 82,63\% \end{aligned}$$

30) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 46)}{357} 100\% \\ &= 87,11\% \end{aligned}$$

31) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 34)}{357} 100\% \\ &= 90,47\% \end{aligned}$$

32) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 28)}{357} 100\% \\ &= 92,15\% \end{aligned}$$

33) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 39)}{357} 100\% \\ &= 89,07\% \end{aligned}$$

34) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 28)}{357} 100\% \\ &= 92,15\% \end{aligned}$$

35) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 22)}{357} 100\% \\ &= 93,83\% \end{aligned}$$

36) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(357 - 19)}{357} 100\% \\ &= 94,67\% \end{aligned}$$

b. Parameter COD

1) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(703 - 407)}{703} 100\% \\ &= 42,10\% \end{aligned}$$

2) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(703 - 409)}{703} 100\% \\ &= 41,82\% \end{aligned}$$

3) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(703 - 405)}{703} 100\% \\ &= 42,38\% \end{aligned}$$

4) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(703 - 402)}{703} 100\% \\ &= 42,81\% \end{aligned}$$

5) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-397)}{703} 100\%$$

$$= 43,52\%$$

- 6) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-395)}{703} 100\%$$

$$= 43,81\%$$

- 7) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-390)}{703} 100\%$$

$$= 44,52\%$$

- 8) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-387)}{703} 100\%$$

$$= 44,95\%$$

- 9) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-378)}{703} 100\%$$

$$= 46,62\%$$

- 10) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-372)}{703} 100\%$$

$$= 47,08\%$$

- 11) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-369)}{703} 100\%$$

$$= 47,51\%$$

12) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-367)}{703} 100\%$$

$$= 47,79\%$$

13) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-341)}{703} 100\%$$

$$= 51,49\%$$

14) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-328)}{703} 100\%$$

$$= 53,34\%$$

15) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-314)}{703} 100\%$$

$$= 55,335\%$$

16) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-298)}{703} 100\%$$

$$= 57,61\%$$

17) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-286)}{703} 100\%$$

$$= 59,31\%$$

18) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-275)}{703} 100\%$$

$$= 60,88\%$$

19) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-256)}{703} 100\%$$

$$= 63,58\%$$

20) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-243)}{703} 100\%$$

$$= 65,43\%$$

21) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-221)}{703} 100\%$$

$$= 68,56\%$$

22) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-216)}{703} 100\%$$

$$= 69,27\%$$

23) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-209)}{703} 100\%$$

$$= 70,27\%$$

24) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-198)}{703} 100\%$$

$$= 71,83\%$$

25) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-175)}{703} 100\%$$

$$= 75,10\%$$

26) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-166)}{703} 100\%$$

$$= 76,38\%$$

27) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-143)}{703} 100\%$$

$$= 79,65\%$$

28) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-128)}{703} 100\%$$

$$= 81,79\%$$

29) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-106)}{703} 100\%$$

$$= 84,92\%$$

30) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-87)}{703} 100\%$$

$$= 87,62\%$$

31) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-85)}{703} 100\%$$

$$= 87,90\%$$

32) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-73)}{703} 100\%$$

$$= 89,61\%$$

33) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-51)}{703} 100\%$$

$$= 92,88\%$$

34) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-47)}{703} 100\%$$

$$= 93,31\%$$

35) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-33)}{703} 100\%$$

$$= 95,30\%$$

36) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(703-29)}{703} 100\%$$

$$= 95,87\%$$

c. Parameter kekeruhan

1) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(232-109,8)}{232} 100\%$$

$$= 52,67\%$$

2) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(232-108,7)}{232} 100\%$$

$$= 53,14\%$$

3) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(232-108,6)}{232} 100\%$$

$$= 53,18\%$$

4) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(232-107,3)}{232} 100\%$$

$$= 53,75\%$$

- 5) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 98,2)}{232} 100\% \\ &= 57,67\% \end{aligned}$$

- 6) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 95,6)}{232} 100\% \\ &= 58,79\% \end{aligned}$$

- 7) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 89,2)}{232} 100\% \\ &= 61,55\% \end{aligned}$$

- 8) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 85,1)}{232} 100\% \\ &= 63,31\% \end{aligned}$$

- 9) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 79,3)}{232} 100\% \\ &= 65,81\% \end{aligned}$$

- 10) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 79,1)}{232} 100\% \\ &= 65,90\% \end{aligned}$$

11) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 76,9)}{232} 100\% \\ &= 66,85\% \end{aligned}$$

12) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 76,2)}{232} 100\% \\ &= 67,55\% \end{aligned}$$

13) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 74,3)}{232} 100\% \\ &= 67,97\% \end{aligned}$$

14) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 73,8)}{232} 100\% \\ &= 68,18\% \end{aligned}$$

15) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 72,8)}{232} 100\% \\ &= 68,62\% \end{aligned}$$

16) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 72,5)}{232} 100\% \\ &= 68,75\% \end{aligned}$$

17) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 70,5)}{232} 100\% \\ &= 69,61\% \end{aligned}$$

18) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 70,5)}{232} 100\% \\ &= 69,82\% \end{aligned}$$

19) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 69,1)}{232} 100\% \\ &= 70,21\% \end{aligned}$$

20) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 68,2)}{232} 100\% \\ &= 70,60\% \end{aligned}$$

21) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 55,3)}{232} 100\% \\ &= 76,16\% \end{aligned}$$

22) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 44,8)}{232} 100\% \\ &= 80,68\% \end{aligned}$$

23) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 34,0)}{232} 100\% \\ &= 85,34\% \end{aligned}$$

24) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 23,6)}{232} 100\% \\ &= 89,82\% \end{aligned}$$

25) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 22,1)}{232} 100\% \\ &= 90,47\% \end{aligned}$$

26) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 22,0)}{232} 100\% \\ &= 90,51\% \end{aligned}$$

27) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 19,0)}{232} 100\% \\ &= 91,81\% \end{aligned}$$

28) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 18,0)}{232} 100\% \\ &= 92,24\% \end{aligned}$$

29) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 17,4)}{232} 100\% \\ &= 92,50\% \end{aligned}$$

30) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 17,0)}{232} 100\% \\ &= 92,67\% \end{aligned}$$

31) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 15,0)}{232} 100\% \\ &= 93,53\% \end{aligned}$$

32) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 14,8)}{232} 100\% \\ &= 93,62\% \end{aligned}$$

33) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 13,0)}{232} 100\% \\ &= 94,39\% \end{aligned}$$

34) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 13,0)}{232} 100\% \\ &= 94,39\% \end{aligned}$$

35) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 12,8)}{232} 100\% \\ &= 94,48\% \end{aligned}$$

36) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(232 - 12,5)}{232} 100\% \\ &= 94,61\% \end{aligned}$$

d. Parameter kekeruhan

1) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 87)}{28.000} 100\% \\ &= 99,68\% \end{aligned}$$

2) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 85)}{28.000} 100\% \\ &= 99,69\% \end{aligned}$$

3) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 83)}{28.000} 100\% \\ &= 99,70\% \end{aligned}$$

4) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-80)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,71\%$$

- 5) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$Efektivitas (\%) = \frac{(Total\ coliform\ Awal - Total\ coliform\ Akhir)}{Total\ coliform\ Awal} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-79)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,71\%$$

- 6) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$Efektivitas (\%) = \frac{(Total\ coliform\ Awal - Total\ coliform\ Akhir)}{Total\ coliform\ Awal} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-75)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,73\%$$

- 7) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$Efektivitas (\%) = \frac{(Total\ coliform\ Awal - Total\ coliform\ Akhir)}{Total\ coliform\ Awal} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-73)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,74\%$$

- 8) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$Efektivitas (\%) = \frac{(Total\ coliform\ Awal - Total\ coliform\ Akhir)}{Total\ coliform\ Awal} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-70)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,75\%$$

- 9) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak satu jam dan satu lampu UV

$$Efektivitas (\%) = \frac{(Total\ coliform\ Awal - Total\ coliform\ Akhir)}{Total\ coliform\ Awal} 100\%$$

$$= \frac{(28.000-50)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,82\%$$

- 10) Massa katalis TiO<sub>2</sub> 1,25 gram, waktu kotak satu jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 40)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,85\%
 \end{aligned}$$

11) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 39)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,86\%
 \end{aligned}$$

12) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak satu jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 35)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,87\%
 \end{aligned}$$

13) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 34)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,87\%
 \end{aligned}$$

14) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 33)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,88\%
 \end{aligned}$$

15) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 30)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,89\%
 \end{aligned}$$

16) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 29)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,89\%
 \end{aligned}$$

17) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 28)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,89\%
 \end{aligned}$$

18) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 27)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,90\%
 \end{aligned}$$

19) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 26)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,90\%
 \end{aligned}$$

20) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 25)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,91\%
 \end{aligned}$$

21) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\
 &= \frac{(28.000 - 24)}{28.000} 100\% \\
 &= 99,91\%
 \end{aligned}$$

22) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 23)}{28.000} 100\% \\ &= 99,91\% \end{aligned}$$

23) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 20)}{28.000} 100\% \\ &= 99,92\% \end{aligned}$$

24) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak dua jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 19)}{28.000} 100\% \\ &= 99,93\% \end{aligned}$$

25) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 19)}{28.000} 100\% \\ &= 99,93\% \end{aligned}$$

26) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 19)}{28.000} 100\% \\ &= 99,93\% \end{aligned}$$

27) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 18)}{28.000} 100\% \\ &= 99,93\% \end{aligned}$$

28) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  0,75 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 17)}{28.000} 100\% \\ &= 99,93\% \end{aligned}$$

29) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 15)}{28.000} 100\% \\ &= 99,94\% \end{aligned}$$

30) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 15)}{28.000} 100\% \\ &= 99,94\% \end{aligned}$$

31) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 14)}{28.000} 100\% \\ &= 99,94\% \end{aligned}$$

32) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 12)}{28.000} 100\% \\ &= 99,95\% \end{aligned}$$

33) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan satu lampu UV

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\% \\ &= \frac{(28.000 - 10)}{28.000} 100\% \end{aligned}$$

$$= 99,96\%$$

34) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan dua lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(28.000 - 10)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,96\%$$

35) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan tiga lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(28.000 - 8)}{28.000} 100\%$$

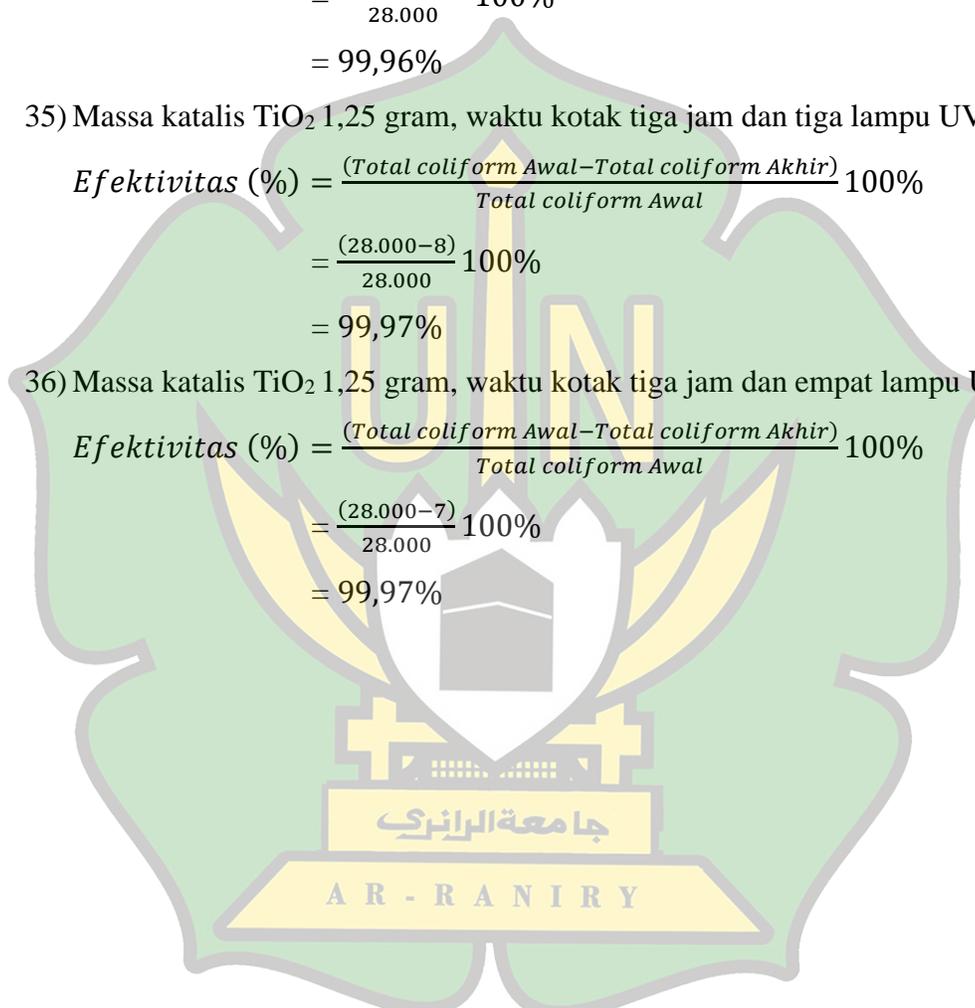
$$= 99,97\%$$

36) Massa katalis  $\text{TiO}_2$  1,25 gram, waktu kotak tiga jam dan empat lampu UV

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(\text{Total coliform Awal} - \text{Total coliform Akhir})}{\text{Total coliform Awal}} 100\%$$

$$= \frac{(28.000 - 7)}{28.000} 100\%$$

$$= 99,97\%$$



## Lampiran 7. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

### 7.1 Regression massa, waktu kontak dan lampu UV terhadap pH

#### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

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

a. Dependent Variable: pH

b. All requested variables entered.

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.987 <sup>a</sup>	.974	.971	.10133

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

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12.280	3	4.093	398.685	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.329	32	.010		
	Total	12.609	35			

a. Dependent Variable: pH

b. Predictors: (Constant), Lampu UV, Massa, Waktu Kontak

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.489	.101		44.301	.000
	Waktu Kontak	.683	.021	.943	33.038	.000
	Massa	.833	.083	.287	10.072	.000
	Lampu UV	.027	.015	.050	1.765	.087

a. Dependent Variable: pH

## 7.2 Regression massa, waktu kontak dan lampu UV terhadap TSS

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

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Lampu UV, Massa, Waktu Kontak <sup>b</sup>		Enter

a. Dependent Variable: TSS

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.969 <sup>a</sup>	.940	.934	23.69478

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

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	280343.397	3	93447.799	166.442	.000 <sup>b</sup>
	Residual	17966.158	32	561.442		
	Total	298309.556	35			

a. Dependent Variable: TSS

b. Predictors: (Constant), Lampu UV, Massa, Waktu Kontak

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

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	520.417	23.695		21.963	.000
	Waktu Kontak	-103.292	4.837	-.926	-21.356	.000
	Massa	-118.000	19.347	-.265	-6.099	.000
	Lampu UV	-8.689	3.532	-.107	-2.460	.019

a. Dependent Variable: TSS

### 7.3 Regression massa, waktu kontak dan lampu UV terhadap COD

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

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Lampu UV, Massa, Waktu Kontak <sup>b</sup>		Enter

a. Dependent Variable: COD

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.988 <sup>a</sup>	.976	.974	20.85765

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

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	574019.231	3	191339.744	439.820	.000 <sup>b</sup>
	Residual	13921.325	32	435.041		
	Total	587940.556	35			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Lampu UV, Massa, Waktu Kontak

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

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	739.139	20.858		35.437	.000
	Waktu Kontak	-148.125	4.258	-.946	-34.791	.000
	Massa	-171.000	17.030	-.273	-10.041	.000
	Lampu UV	-8.911	3.109	-.078	-2.866	.007

a. Dependent Variable: COD

#### 7.4 Regression massa, waktu kontak dan lampu UV terhadap kekeruhan

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

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Lampu UV, Massa, Waktu Kontak <sup>b</sup>		Enter

a. Dependent Variable: Kekeruhan

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.457 <sup>a</sup>	.209	.135	162.85470

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

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	224459.196	3	74819.732	2.821	.054 <sup>b</sup>
	Residual	848692.936	32	26521.654		
	Total	1073152.132	35			

a. Dependent Variable: Kekeruhan

b. Predictors: (Constant), Lampu UV, Massa, Waktu Kontak

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

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	485.975	162.855		2.984	.005
	Waktu Kontak	-78.988	33.243	-.374	-2.376	.024
	Massa	-211.117	132.970	-.250	-1.588	.122
	Lampu UV	-13.222	24.277	-.086	-.545	.590

a. Dependent Variable: Kekeruhan

### 7.5 Regression massa, waktu kontak dan lampu UV terhadap *Total coliform*

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

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

a. Dependent Variable: Total coliform

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.923 <sup>a</sup>	.852	.838	10.26006

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

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19390.397	3	6463.466	61.400	.000 <sup>b</sup>
	Residual	3368.603	32	105.269		
	Total	22759.000	35			

a. Dependent Variable: Total coliform

b. Predictors: (Constant), Lampu UV, Massa, Waktu Kontak

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

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	134.444	10.260		13.104	.000
	Waktu Kontak	-26.333	2.094	-.855	-12.574	.000
	Massa	-41.500	8.377	-.337	-4.954	.000
	Lampu UV	-1.911	1.529	-.085	-1.250	.221

a. Dependent Variable: Total coliform

Hasil Levene's Test of Equality of Error Variances

	F	df1	df2	Sig.
pH	398.685	3	35	.000
TSS	166.442	3	35	.000
COD	439.820	3	35	.000
Kekeruhan	2.821	3	35	.054
<i>Total coliform</i>	61.400	3	35	.000



**Lampiran 8. SNI Metode Pengambilan Contoh Air Limbah**

**SNI**

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.59:2008



**Air dan air limbah – Bagian 59:  
Metoda pengambilan contoh air limbah**

SNI 6989.59:2008

**8.3.1.2 Jika terdapat bak equalisasi**

Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

**8.3.2 Air limbah industri dengan proses *batch* berasal dari satu saluran pembuangan****8.3.2.1 Jika tidak terdapat bak equalisasi**

Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan proporsional pada saat pembuangan dilakukan.

**8.3.2.2 Jika terdapat bak equalisasi**

Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

**8.3.3 Air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari beberapa saluran pembuangan****8.3.3.1 Jika tidak terdapat bak equalisasi**

- a) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat.
- b) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit tempat dengan mempertimbangkan debit.
- c) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.
- d) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan tempat.

**8.3.3.2 Jika terdapat bak equalisasi**

Kualitas air limbah berfluktuasi atau tidak berfluktuasi akibat proses produksi, semua air limbah dari masing-masing proses disatukan dan dibuang melalui bak equalisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (*grab sampling*).

**Lampiran 9. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

No.	Tahapan Penelitian	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Uji Pendahuluan			
	a. Pengecekan <i>Total coliform</i>	1 sampel	40.000	40.000
	<b>Jumlah</b>			40.000
2.	TiO <sub>2</sub>	100 gram	30.000	30.000
3.	Zeolit	5 kg	4.000	20.000
	<b>Jumlah</b>			50.000
4.	Pembuatan Reaktor			
	a. Reaktor kaca	1 buah	200.000	200.000
	b. Foil aluminium		25.000	25.000
	c. Lampu UV A	4 lampu	50.000	50.000
	d. Pipa PVC			95.000
	<b>Jumlah</b>			370.000
5.	Pengujian Setelah Eksperimen			
	a. COD			
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100 mL		55.000
	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	100 mL		60.000
	b. TSS			
	Kertas saring No. 42	30 lembar		150.000
	c. Pengecekan <i>Total coliform</i>			400.000
	<b>Jumlah</b>			665.000
	<b>Total (1+2+3+4+5)</b>			1.185.000

جامعة الرانيري

AR - RANIRY