

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN KENDARAAN
BERMOTOR DENGAN METODE FOTODEGRADASI
MENGUNAKAN FOTOKATALIS SENG OKSIDA (ZnO)**

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

**RAUZA AZKYA
NIM. 170702012**

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2021 M/1441 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN KENDARAAN
BERMOTOR DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN
FOTOKATALIS SENG OKSIDA (ZnO)**

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

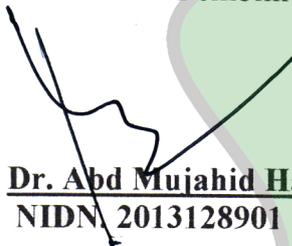
Diajukan Oleh:
RAUZA AZKYA
NIM. 170702012

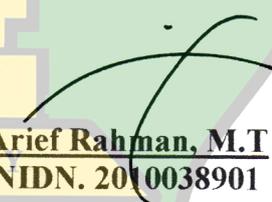
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Banda Aceh, 2 Agustus 2021
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

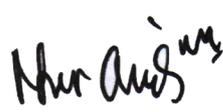
Pembimbing II,


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


Arief Rahman, 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 AIR LIMBAH PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS SENG OKSIDA (ZnO)

TUGAS AKHIR

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

Pada Hari/Tanggal: Senin, 2 Agustus 2021
23 Zulhijah 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc

NIDN. 2013128901

Penguji I,

Arief Rahman, M.T

NIDN. 2010038901

Penguji II,

Ir. Yeggi Darnas, M.T

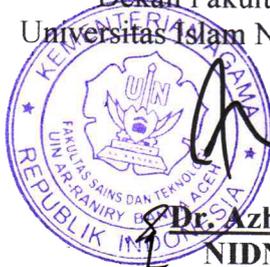
NIDN. 2020067905

Teuku Muhammad Ashari, M. Sc

NIDN. 2002028301

Mengetahui,

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



Dr. Azhar Amsal, M.Pd

NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rauza Azkya
NIM : 170702012
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pengolahan Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Seng Oksida (ZnO)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

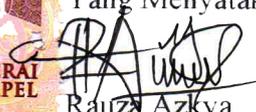
1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan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

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

Banda Aceh, 2 Agustus 2021



Yang Menyatakan,


Rauza Azkya

NIM. 170702012

ABSTRAK

Nama : Rauza Azkya
NIM : 170702012
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengolahan Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Seng Oksida (ZnO)
Tanggal Sidang : 2 Agustus 2021
Jumlah Halaman : 81
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T
Kata Kunci : Fotodegradasi, efektivitas, limbah pencucian kendaraan bermotor, fotokatalis, ZnO

Limbah kendaraan bermotor yang tidak diolah berpotensi merusak lingkungan. Metode fotodegradasi dapat menguraikan polutan dengan bantuan cahaya UV A dan fotokatalis. Seng oksida (ZnO) merupakan fotokatalis yang diketahui mampu mendegradasi polutan namun belum digunakan untuk mendegradasi limbah pencucian kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kemampuan ZnO sebagai fotokatalis dalam mendegradasi polutan pada limbah kendaraan bermotor. Variabel bebas dalam eksperimen adalah massa ZnO dan waktu kontak pengolahan. Variabel yang digunakan adalah massa 0,5, 0,75, dan 1 gram dengan waktu kontak 2,3, serta 4 jam. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ZnO yang disinari lampu UV A mampu mendegradasi zat organik. pH dapat berubah menjadi 7,70, COD dapat terdegradasi sampai 95,20%, TSS dapat terdegradasi sampai 37,42%, kekeruhan mampu terdegradasi sampai 99,76%, serta parameter fosfat dapat terdegradasi sampai 68,30%. Simpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu massa ZnO berpengaruh terhadap efektivitas fotodegradasi, hal ini berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang kurang dari 0,05, untuk parameter pH adalah 0,009, COD adalah 0,043, TSS adalah 0,006, serta parameter kekeruhan adalah 0,032 dengan perubahan pH menjadi 7,70, degradasi nilai COD mencapai 95,30%, degradasi kadar TSS mencapai 37,42, dan degradasi parameter kekeruhan mencapai 99,76%. Selain itu, waktu kontak mempengaruhi efektivitas fotodegradasi, berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang kurang dari 0,05, untuk parameter COD adalah 0,020, serta parameter kekeruhan adalah 0,032 dengan efektivitas fotodegradasi nilai COD mencapai 95,30%, dan degradasi parameter kekeruhan mencapai 99,76%.

ABSTRACT

Name : Rauza Azkya
NIM : 170702012
Department : Environmental Engineering
Title : *Motorized Vehicle Washing Wastewater Treatment with Photodegradation Method Using Zinc Oxide (ZnO) Photocatalyst*
Date of Session : 2 August 2021
Number of pages : 81
Advisor I : Dr. Abdullah Mujahid Hamdan M.Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : *Photodegradation, effectiveness, motorized vehicle washing wastewater treatment, Photocatalyst, ZnO*

Untreated motor vehicle waste has the potential to damage the environment. The photodegradation method can decompose pollutants with the help of UV A light and photocatalysts. Zinc oxide (ZnO) is a photocatalyst which is known to be able to degrade pollutants but has not been used to degrade motor vehicle washing waste. This study aims to investigate the ability of ZnO as a photocatalyst in degrading pollutants in motor vehicle waste. The independent variables in the experiment were ZnO mass and processing contact time. The variables used were mass 0.5, 0.75, and 1 gram with a contact time of 2.3, and 4 hours. The experimental results showed that ZnO irradiated by UV A lamp was able to degrade organic substances. pH can be changed to 7.70, COD can be degraded to 95.20%, TSS can be degraded to 37.42%, turbidity can be degraded to 99.76%, and phosphate parameters can be degraded to 68.30%. The conclusions obtained from this study are that the mass of ZnO affects the effectiveness of photodegradation, this is based on the results of multiple linear regression analysis which is less than 0.05, for the pH parameter is 0.009, COD is 0.043, TSS is 0.006, and the turbidity parameter is 0.032 with changes in pH became 7.70, COD value degradation reached 95.30%, TSS level degradation reached 37.42, and turbidity parameter degradation reached 99.76%. In addition, contact time affects the effectiveness of photodegradation, based on the results of multiple linear regression analysis which is less than 0.05, for the COD parameter is 0.020, and the turbidity parameter is 0.032 with the photodegradation effectiveness COD value reaching 95.30%, and the turbidity parameter degradation reaching 99,76%.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya kepada Allah swt. yang telah memberi anugerah Al-Qur'an sebagai rahmat bagi segenap alam. Selawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada nabi besar Muhammad saw. beserta keluarga dan sahabatnya yang telah membawa kita ke dalam dunia yang penuh ilmu pengetahuan. Atas berkah dan rahmatNya penulis dapat merampungkan tugas akhir yang berjudul Pengolahan Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Seng Oksida (ZnO). Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mendapat banyak bantuan serta dukungan dalam merampungkan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ibu Asniati, S. Pd. SD dan Bapak Jakfar HS, S. Pd. SD selaku orang tua penulis serta keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, serta kasih sayang kepada penulis.
2. Dr. Eng. Nur Aida, M. Si. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Husnawati Yahya, M. Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta koordinator tugas akhir.
4. Ibu Rizna Rahmi, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan arahan serta bimbingannya.
5. Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Bapak Arief Rahman, M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan.

7. Ir. Yeggi Darnas, M.T. selaku Dosen Penguji I dalam sidang munaqasyah Tugas Akhir.
8. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M. Sc. selaku Dosen Penguji II dalam sidang munaqasyah Tugas Akhir.
9. Seluruh Dosen selingkungan Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan pengetahuan selama masa perkuliahan.
10. Ibu Idariani dan Ibu Nurul Huda, S. Pd. yang telah membantu dalam proses administrasi serta penelitian.
11. Seluruh staf tata usaha yang telah membantu dalam proses administrasi.
12. Pengelola tempat pencucian bermotor Dodik *AutoCare* yang telah memberikan izin untuk pengambilan air limbah.
13. Teman seperjuangan yang telah memberi dukungan semangat serta membantu setiap hal dalam pembuatan tugas akhir.
14. Tentunya kepada penulis sendiri, Rauza Azkya yang tiada hentinya berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai, telah mengorbankan saat-saat dengan orang terkasih, telah sabar dan yakin pada diri serta berani melawan ego dan takut yang menghampiri walau sering merasa sulit tapi tidak kalah melawan lelah. *Thank you a lot, this too shall pass, keep going.*

Penulis berharap segala kebaikan semua pihak dibalas dengan kebaikan pula oleh Allah swt. Penulis berharap semoga tugas akhir dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis menerima saran beserta kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Darussalam, Agustus 2021
Penulis,

Rauza Azkya

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor	5
2.2 Fotodegradasi	6
2.3 Seng Oksida (ZnO).....	8
2.4 Kinetika Fotodegradasi	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Tahapan Penelitian	11
3.2. Tempat Penelitian.....	12
3.3. Eksperimen Fotodegradasi	14
3.4. Pengukuran Parameter.....	16
3.4.1 Pengukuran nilai pH.....	16
3.4.2 Pengukuran nilai COD	17
3.4.3 Pengukuran nilai TSS.....	18
3.4.4 Pengukuran tingkat kekeruhan	19
3.4.5 Pengukuran kandungan fosfat	20
3.6. Analisis Data	20
BAB IV PEMBAHASAN	22
4.1. Hasil	22
4.2. Pembahasan.....	25
4.1.1 Pengaruh massa ZnO.....	25
4.1.2 Pengaruh waktu kontak	29

BAB V PENUTUP	40
5.1 Simpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	48



DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Skema fotodegradasi	6
Gambar 2.2 Struktur kristal ZnO	9
Gambar 3.1 Tahapan penelitian	12
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel	13
Gambar 3.3 Lokasi pengambilan sampel	13
Gambar 3.4 Pengambilan sampel	14
Gambar 3.5 Seng oksida (ZnO)	14
Gambar 3.6 Reaktor fotokatalis	15
Gambar 3.7 Eksperimen fotodegradasi	16
Gambar 3.8 Pengukuran pH	17
Gambar 3.9 Pengukuran COD	18
Gambar 3.10 Pengukuran TSS	18
Gambar 3.11 Pengukuran kekeruhan	19
Gambar 4.1 Limbah pencucian kendaraan bermotor (a) sebelum eksperimen, (b) setelah dikeluarkan dari reaktor, dan (c) setelah diendapkan	23
Gambar 4.2 Grafik hasil uji perubahan pH limbah pencucian kendaraan bermotor	25
Gambar 4.3 Grafik hasil uji penurunan nilai COD limbah pencucian kendaraan bermotor	26
Gambar 4.4 Grafik hasil uji penurunan nilai TSS limbah pencucian kendaraan bermotor	27
Gambar 4.5 Grafik hasil uji penurunan nilai kekeruhan limbah pencucian kendaraan bermotor	28
Gambar 4.6 Grafik hasil uji penurunan fosfat limbah pencucian kendaraan bermotor	29
Gambar 4.7 Grafik kinetika fotodegradasi COD orde 0 dan orde 1	31
Gambar 4.8 Grafik pemodelan COD massa 0,5, 0,75, dan 1 gram	32
Gambar 4.9 Grafik kinetika orde 0 dan orde 1	33
Gambar 4.10 Grafik pemodelan TSS massa 0,5, 0,75, dan 1 gram	34
Gambar 4.11 Grafik kinetika fotodegradasi kekeruhan orde 0 dan orde 1	36
Gambar 4.12 Grafik pemodelan kekeruhan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram	37
Gambar 4.13 Grafik kinetika fotodegradasi fosfat orde 0 dan orde 1	38
Gambar 4.14 Grafik pemodelan fosfat massa 0,5, 0,75, dan 1 gram	39

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Baku mutu.....	6
Tabel 2.2 Studi terdahulu eksperimen fotodegradasi.....	7
Tabel 3.1 Hasil pengujian air limbah.....	12
Tabel 3.2 Bahan penelitian.....	14
Tabel 3.3 Spesifikasi reaktor fotokatalis.....	15
Tabel 4.1 Hasil pengukuran sebelum dan setelah dilakukan eksperimen parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat.....	24



DAFTAR SINGKATAN

Lambang	Kepanjangan	Halaman
ZnO	Seng Oksida	1
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	1
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	1
UV	Ultraviolet	1
LAS	<i>Linear Alkyl Benzene Sulfonate</i>	2
mg	Miligram	2
L	Liter	2
e ⁻	Elektron	2
h ⁺	<i>Hole</i>	2
OH	Radikal Hidroksil	2
pH	<i>Power Of Hydrogen</i>	3
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	4
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>	4
STPP	<i>Sodium Tri Poly Phosphate</i>	5
TiO ₂	Titanium Dioksida	7
CuO	Tembaga(II) Oksida atau Kupri Oksida	7
Cr(IV)	Kromium	7
SiO ₂	Silikon Dioksida	7
N	Nitrogen	7
ZAH	Zeolit Alam Aktif	7
LABBA	Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh	12
Baristand	Badan Riset dan Standardisasi Industri	12
SNI	Standar Nasional Indonesia	12
SPSS	<i>Statistical Products And Solution Services</i>	20
Cd	Candela	22

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tempat pencucian kendaraan bermotor menjadi pilihan praktis bagi masyarakat untuk mencuci kendaraannya. Itulah sebabnya, peluang jasa pencucian kendaraan bermotor semakin meningkat. Selain dampak positif pada sektor ekonomi (Khaer, 2016), jasa kendaraan bermotor juga memberi sejumlah dampak negatif. Usaha pencucian kendaraan bermotor umumnya tidak mengolah terlebih dahulu air limbah hasil pencucian (Wati dkk., 2016), dan langsung dibuang ke badan air (Rusdi dan Wardalia, 2016).

Pembuangan air limbah pencucian kendaraan bermotor secara langsung dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan (Setiawan dan Situmorang, 2017). Penurunan kualitas lingkungan dapat berupa meningkatnya kadar dari pencemaran dalam badan air. Kandungan *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), serta deterjen dalam badan air dapat meningkat apabila limbah dibuang dalam jumlah yang besar (Kusumawardani dkk., 2019). Limbah dari air bekas pencucian kendaraan bermotor adalah kotoran (tanah maupun debu) yang menempel pada kendaraan bermotor serta busa dari deterjen (Rusdi dan Wardalia, 2016). Air limbah yang dialirkan ke dalam badan air harus sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen, dan Produk-Produk Minyak Nabati Lampiran X. Oleh karena itu, pengolahan terhadap limbah hasil pencucian kendaraan bermotor perlu dilakukan.

Salah satu metode dalam menurunkan senyawa organik dalam air limbah merupakan fotokatalis (Putro dkk., 2019). Fotokatalis merupakan suatu proses transformasi dalam kimia yang dilakukan oleh katalis dan membutuhkan cahaya. Cahaya ultraviolet (UV) A dimanfaatkan agar katalis aktif lalu akan terjadi reaksi

dengan senyawa terdekat atau dengan senyawa yang ada di atas permukaan katalis. Bahan yang digunakan dalam fotokatalis umumnya adalah semikonduktor yang terdiri dari jenis sulfida serta oksida (Sutanto dan Wibowo, 2015). Teknologi fotokatalis dianggap tidak menghasilkan *secondary pollution* atau buangan (Putro dkk., 2019). Efektivitas fotokatalis dapat dilihat pada meningkatnya kualitas air hasil pengolahan, berdasarkan turunnya nilai-nilai COD dan TSS pada air limbah yang diolah (Fatimah dan Wijaya, 2005).

Seng Oksida (ZnO) merupakan material yang unik dengan sifat semikonduktor, piezoelektrik, serta menunjukkan beberapa sifat yang piroelektrik. ZnO adalah senyawa anorganik serta biasanya terlihat sebagai bubuk putih dan mempunyai sifat yang berguna seperti tingkat transparan yang bagus, pergerakan elektron yang relatif tinggi, serta memiliki celah pita yang relatif lebar (Sutanto dan Wibowo, 2015). ZnO merupakan kristal yang bisa digunakan dalam berbagai kebutuhan, sebagai katalis ataupun pendukung katalis, maupun sebagai semikonduktor (Yulianti, 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Putro dkk. (2019), fotokatalis ZnO dapat menurunkan kadar *linear alkyl benzene sulfonate* (LAS) air limbah binatu sebesar 84%. Hasil investigasi Permata dkk. (2016), menunjukkan fotokatalis ZnO dapat menurunkan fotokatalitik fenol sebesar $(63 \pm 3)\%$. Hasegawa dkk. (2014) menggunakan ZnO dalam menurunkan toksisitas air limbah sehingga didapatkan hasil turunnya COD dari 25,023 menjadi 350 mg/L.

Berdasarkan hasil-hasil investigasi yang telah dipaparkan, ZnO memiliki potensi sebagai katalis dalam pengolahan polutan organik. Semikonduktor yang dikenai cahaya UV A akan menghasilkan elektron (e^-) dan *hole* (h^+) yang menjadi awal proses oksidasi terhadap polutan organik (Putro dkk., 2019). Dalam proses fotodegradasi, radikal hidroksil (OH) yang terbentuk berupa oksidator yang kuat untuk mengoksidasi polutan (Sutanto dkk., 2013). Apabila radikal OH yang terbentuk semakin banyak, maka polutan yang terdegradasi semakin banyak pula (Putro dkk., 2019).

1.2. Rumusan Masalah

Pertanyaan yang akan dijawab dalam penelitian yaitu:

1. Bagaimana pengaruh massa ZnO terhadap aktivitas fotodegradasi dalam perubahan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah pencucian kendaraan bermotor?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak ZnO terhadap aktivitas fotodegradasi dalam perubahan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah pencucian kendaraan bermotor?

1.3. Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan rumusan masalah maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh massa ZnO terhadap aktivitas fotodegradasi dalam perubahan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah pencucian kendaraan bermotor.
2. Untuk menganalisis pengaruh waktu kontak ZnO terhadap aktivitas fotodegradasi dalam perubahan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah pencucian kendaraan bermotor.

1.4. Manfaat Penelitian

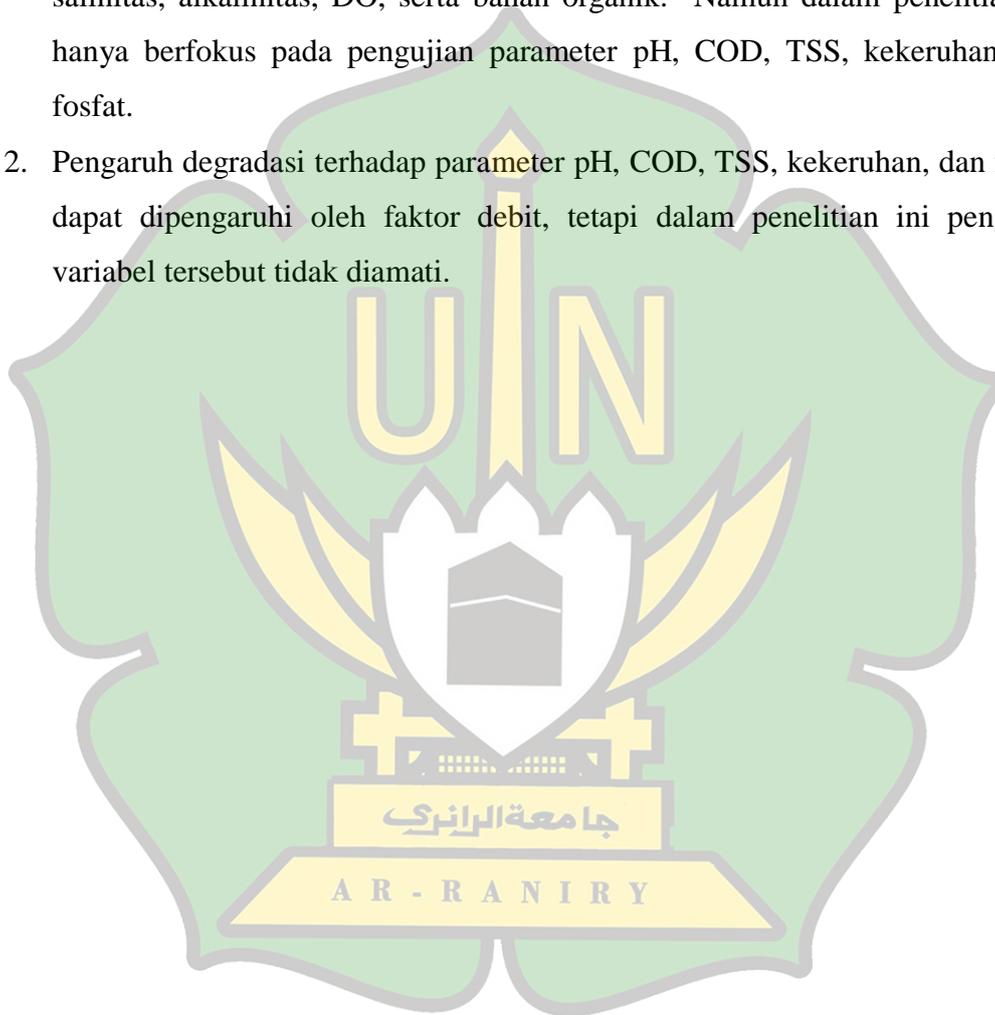
Diharapkan penelitian dapat memberi manfaat antara lain:

1. Diharapkan penelitian dapat menjadi pertimbangan bagi pelaku usaha pencucian kendaraan bermotor dalam mengolah limbah sebelum dibuang ke badan air.
2. Diharapkan hasil penelitian dapat menjadi daftar bacaan bagi penelitian lebih lanjut ke depannya.

1.5. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pada penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Kualitas pengolahan air limbah pencucian kendaraan bermotor dapat diamati melalui parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, fosfat, surfaktan, BOD, salinitas, alkalinitas, DO, serta bahan organik. Namun dalam penelitian ini hanya berfokus pada pengujian parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat.
2. Pengaruh degradasi terhadap parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat dapat dipengaruhi oleh faktor debit, tetapi dalam penelitian ini pengaruh variabel tersebut tidak diamati.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor

Limbah pencucian kendaraan bermotor yang langsung dibuang ke badan air dapat menyebabkan terjadinya pencemaran dalam badan air (Mustafa, 2013). Apabila kandungan bahan tercemar pada badan air semakin tinggi maka akan semakin rendah jumlah dari oksigen terlarut dalam badan air tersebut. Sehingga biota yang hidup dalam badan air tersebut akan kekurangan oksigen. Daya hidup dari biota akan menurun dan merusak keseimbangan dalam lingkungan perairan (Rusdi dan Wardalia, 2016; Wati dkk., 2016).

Berdasarkan SNI 06-6989-2004, *total suspended solid* (TSS) atau disebut juga total padatan tersuspensi merupakan buangan yang berasal dari padatan total yang dapat tertahan pada saringan yang memiliki batasan partikel berukuran maksimal 2 μm atau melebihi ukuran partikel koloid. TSS terdiri dari pasir halus, jasad-jasad renik, serta lumpur. TSS dalam badan air muncul terutama dari erosi tanah ataupun dari kikisan tanah sehingga terbawa dalam badan air (Kusumawardani dkk., 2019). *Chemical oxygen demand* (COD) merupakan total dari oksigen yang diperlukan agar bahan organik dapat teroksidasi secara kimiawi (Lumaela dkk., 2013). Kekeruhan merupakan suatu keadaan saat terdapat zat padat yang tidak larut sehingga air mengalami penurunan transparansi (Hendrizon dan Wildian, 2012).

Limbah cair hasil pencucian kendaraan bermotor yang mengandung deterjen secara fisik terlihat dengan adanya gelembung busa dalam jumlah banyak (Wati dkk., 2016). Hal ini menunjukkan adanya bahan deterjen yang digunakan sebagai bahan utama. Kandungan pada bahan deterjen yaitu bahan *builder* yang berfungsi agar efisiensi pencuci dari deterjen dapat meningkat dengan cara menonaktifkan mineral yang dapat menyebabkan kesadahan air. Senyawa ini terdiri dari senyawa fosfat seperti *sodium tri poly phosphate* (STPP) (Mustafa, 2013). Deterjen dalam badan air akan menyebabkan turunnya transfer ke dalam air akibat adanya film, jika konsentrasi deterjen melebihi baku mutu dapat

mengganggu kesehatan. Kombinasi *polyphosphate* dan surfaktan dalam deterjen, akan meningkatkan fosfat dalam air. Sehingga terjadi eutrofikasi yang menyebabkan warna di air (Santi, 2009).

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen, dan Produk-Produk Minyak Nabati Lampiran X memiliki standar yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu

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

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

2.2 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan suatu proses penguraian senyawa dengan bantuan cahaya UV (Fatimah dan Wijaya, 2005). Fotodegradasi dalam bereaksi terhadap terkatalisis perlu empat unsur yaitu foton atau sumber cahaya, senyawa objek, oksigen, serta fotokatalis (Wijaya dkk., 2006). Fotodegradasi dimulai dari penyerapan sinar UV. Secara teoritis sinar UV mampu menyerap polimer murni secara langsung. Sebuah polimer dengan senyawa dalam jumlah kecil sebagai output degradasi setelah polimerisasi akan membuat penyerapan sinar UV lebih cepat. Maka prasyarat untuk stabilisasi polimer adalah stabilisasi termal dan pengolahan yang efektif terhadap cahaya yang efektif dalam waktu yang lama (Leksono, 2012). Proses degradasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema fotodegradasi

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

Tabel 2.2 Studi terdahulu eksperimen fotodegradasi

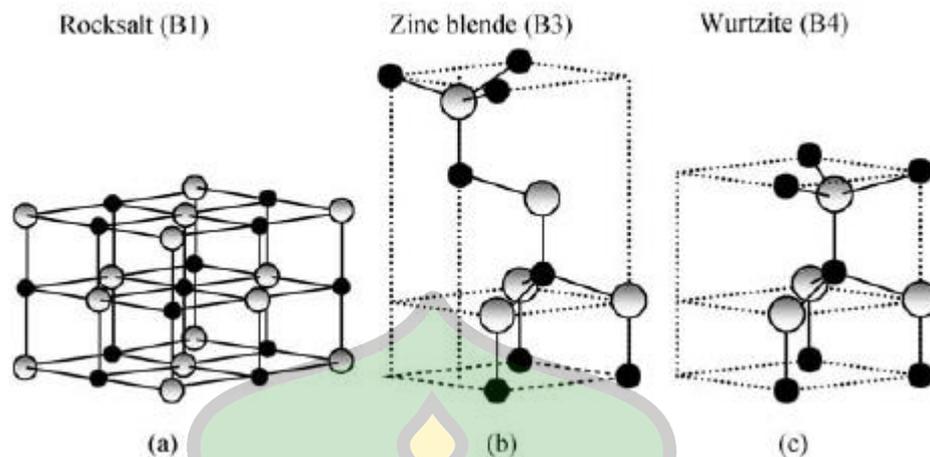
Material	Limbah	Penulis
TiO ₂	Limbah cair industri tapioka	Fatimah dan Wijaya (2005)
TiO ₂ /zeolit	<i>Congo red</i>	Wijaya dkk. (2006)
TiO ₂	Warna <i>congo red</i>	Wijaya dkk. (2006)
ZnO	Pewarna <i>methylene blue</i>	Hermawan dan Budianto (2007)
TiO ₂ dan CuO/TiO ₂	Limbah Cr(IV) dan fenol	Slamet dkk. (2007)
TiO ₂ dengan adanya ion logam Fe(III) dan Cu (II)	Fenol	Mukaromah dan Irawan (2008)
TiO ₂ /SiO ₂	Warna <i>remazol yellow FG</i>	Qodri (2011)
ZnO-TiO ₂ /ZAH	Warna industri tekstil	Aditya dkk. (2012)
TiO ₂ -bentonit dan penambahan NO ₃	<i>Methyl orange</i>	Darmawan dkk. (2013)
ZnO-arang aktif	Limbah tekstil <i>methylene blue</i> dan <i>congo red</i>	Diantariani dkk. (2014)
TiO ₂	<i>Methyl orange</i>	Fraditasari dkk. (2015)
TiO ₂	Limbah tekstil	Tussa'adah dan Astuti (2015)

ZnO-arang aktif	Warna tekstil <i>congo red</i>	Saraswati dkk. (2015)
ZnO dan koagulasi	Warna pada air gambut	Juhra dan Notodarmodjo (2016)
ZnO-arang aktif	Warna tekstil <i>methylene blue</i> dan <i>congo red</i>	Diantariani dkk. (2016)
ZnO	Fotokatalitik fenol	Permata dkk. (2016)
ZnO dan doping Nitrogen (N)	Limbah zat pewarna tekstil	Sutanto dkk. (2017)
TiO ₂	Limbah binatu untuk pengolahan surfaktan anionik	Astuti (2018)
TiO ₂	Limbah cair industri tekstil batik	Anggraini (2019)
ZnO	Limbah binatu kadar surfaktan (<i>linear alkyl benzene</i>)	Putro dkk. (2019)
TiO ₂ -karbon aktif	Air limbah <i>power plant</i>	Suryandari dkk. (2019)

2.3 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan material yang dapat digunakan dalam berbagai keperluan karena sifat fisik serta sifat kimia yang unik (Kołodziejczak-Radzimska dan Jesionowski, 2014). ZnO merupakan salah satu metal oksida dikenal relatif murah, stabil, efisien, serta ramah lingkungan untuk remediasi lingkungan secara berkelanjutan (Danish dkk., 2021). ZnO memiliki celah pita energi sebesar 3,4 eV serta bersifat fotokatalis (Klingshirn, 2007; Sutanto dkk., 2013).

ZnO termasuk ke dalam golongan II-VI komponen semikonduktor. ZnO memiliki sifat spesifik yang menarik seperti tahan terhadap panas, anti korosi, elektron rendah konduktivitas, serta anti bakteri (Vishwakarma dan Singh, 2020). ZnO berbentuk kristal yang bisa diaplikasikan sebagai katalis, pendukung katalis, serta semikonduktor (Yulianti, 2012). Bentuk kristal ZnO dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk kristal ZnO: (a) *rocksalt*, (b) *zincblende*, (c) *wurtzite*.

(Sumber: Morkoç dan Özgür, 2008)

Pencahayaan ultraviolet (<400 nm) dapat membuat permukaan dari ZnO dapat mengionisasi reaksi kimiawi. Senyawa organik dalam media air umumnya bisa dioksidasi menjadi karbon dioksida serta air. Hal ini membuat air dapat terbebas dari pencemar organik (Efendi dan Sutanto, 2014). Cahaya UV akan mengeksitasi elektron pada ZnO. Elektron yang tereksitasi di atom penyusun yang berasal dari pita valensi menuju pita konduksi akan menimbulkan elektron (e^-) sehingga terjadi *hole* (h^+) atau kekosongan yang bertindak selaku muatan positif. Elektron di bidang semikonduktor akan terperangkap dalam hidroksida logam lalu terjadi reaksi dengan penjerat elektron pada sampel seperti O_2 dan menciptakan superoksida (O_2^-) sehingga mereduksi zat warna. Kemudian terjadi reaksi antara h^+ dengan hidroksida oksida zink pada larutan H_2O menciptakan radikal hidroksil (OH) berupa oksidator yang kuat dalam mengoksidasi zat warna. OH akan menginvasi kontaminan pada zat warna sehingga akan terdegradasi (Sutanto dkk., 2013).

2.4 Kinetika Fotodegradasi

Kinetika reaksi merupakan cabang dalam ilmu kimia yang membahas laju reaksi kimia (Mulyono, 2007). Kinetika fotodegradasi digunakan untuk mengetahui laju yang terjadi pada katalis terhadap air limbah yang memiliki pengaruh waktu. Laju diuji dengan pendugaan orde reaksi. Orde reaksi merupakan kecepatan terjadi suatu reaksi (Pangajow dkk., 2019).

Orde 0 merupakan laju reaksi yang tidak dipengaruhi seberapa besar perubahan konsentrasi pereaksi. Peningkatan konsentrasi reaksi tidak mempengaruhi besar laju reaksi. Orde reaksi 1 merupakan reaksi dengan laju reaksi yang sebanding dengan konsentrasi reaktan. Kecepatan orde 1 bergantung pada satu zat yang bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktan (Hidayati dkk., 2013). Data yang telah diolah akan diplotkan sesuai dengan persamaan laju reaksi tiap orde. Orde reaksi dipilih sesuai dengan nilai linearitas (R^2) berdasarkan hasil plot data. Setelah orde reaksi ditetapkan akan, pemodelan dilakukan sesuai orde reaksi yang dipilih (Usman, 2013).



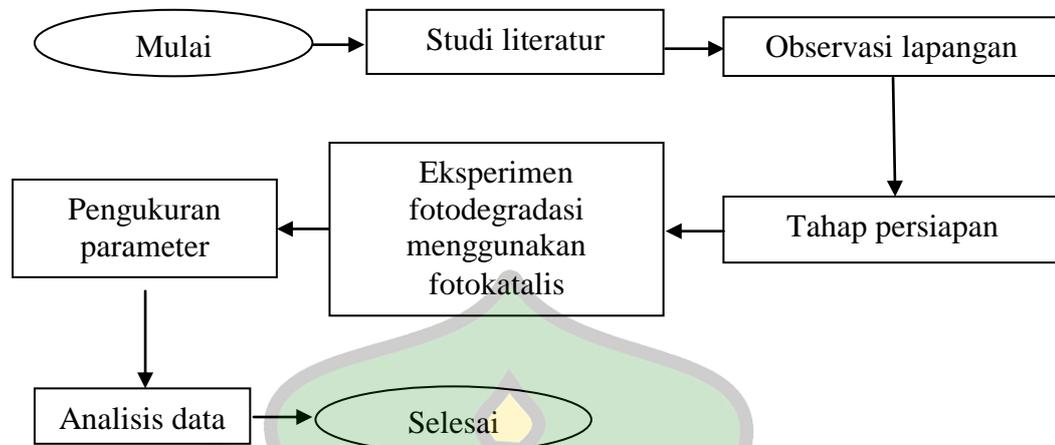
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Diagram alir tahapan penelitian terdapat pada Gambar 3.1. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur, yaitu studi dalam pengumpulan data dan informasi terkait yang didapatkan dari buku, jurnal, serta skripsi.
2. Observasi lapangan, yaitu observasi yang dilakukan untuk mengetahui limbah dari pencucian kendaraan bermotor sehingga dapat ditentukan cara dalam pengolahan limbah.
3. Tahap persiapan, yaitu tahapan dalam menyiapkan bahan serta reaktor yang digunakan pada saat penelitian agar penelitian dapat berjalan secara efektif.
4. Eksperimen fotodegradasi menggunakan katalis, yaitu dilakukan eksperimen untuk mengetahui pengaruh massa katalis dan waktu kontak terhadap aktivitas fotodegradasi dalam perubahan nilai pH, penurunan nilai COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah pencucian kendaraan bermotor.
5. Pengukuran parameter, yaitu pengukuran terhadap nilai pH, COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat sebelum dan sesudah eksperimen.
6. Analisis data, yaitu dilakukan analisis pengaruh variabel terhadap variabel yang lain, data diolah menggunakan SPSS.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

3.2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Parameter fosfat diukur di Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala. Lokasi pengambilan sampel terletak di Jln. Cut Nyak Dhien, Emperom, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh. Lokasi pengambilan sampel tercantum pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, dan Gambar 3.4. Pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.4. Lokasi tersebut dipilih berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh (LABBA). Hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

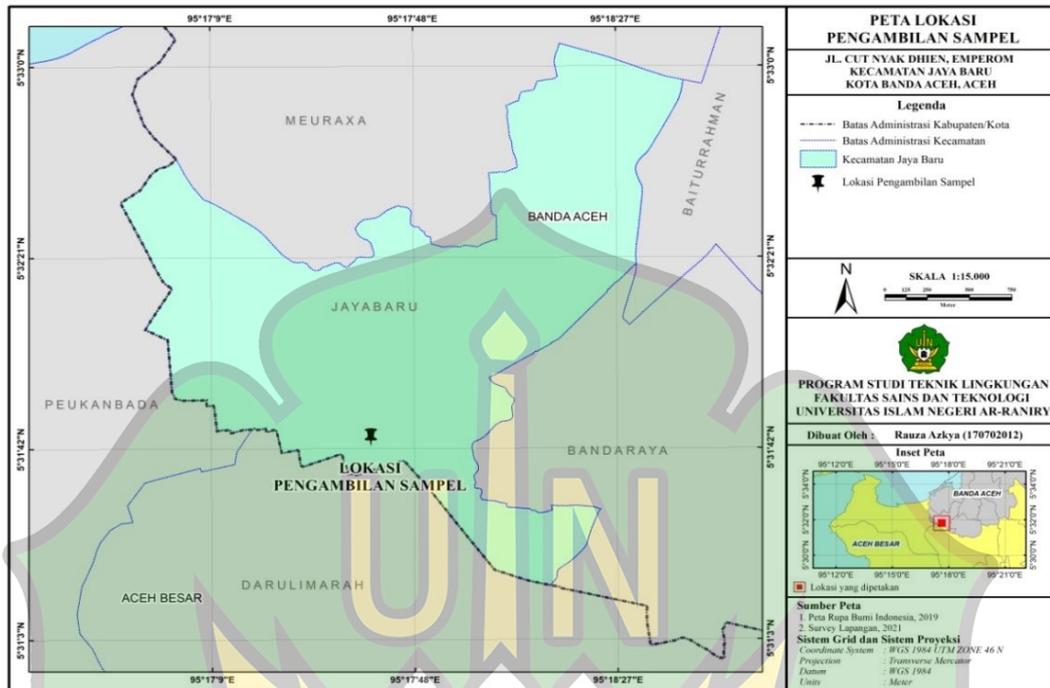
Tabel 3.1 Hasil pengujian air limbah

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Pendahuluan	Kadar Maksimum
1	pH	-	7,20	6-9
2	COD	mg/L	479,04	100
3	TSS	mg/L	196,00	30
4	Fosfat	mg/L	0,50	2
5	Kekeruhan	NTU	513,80	-

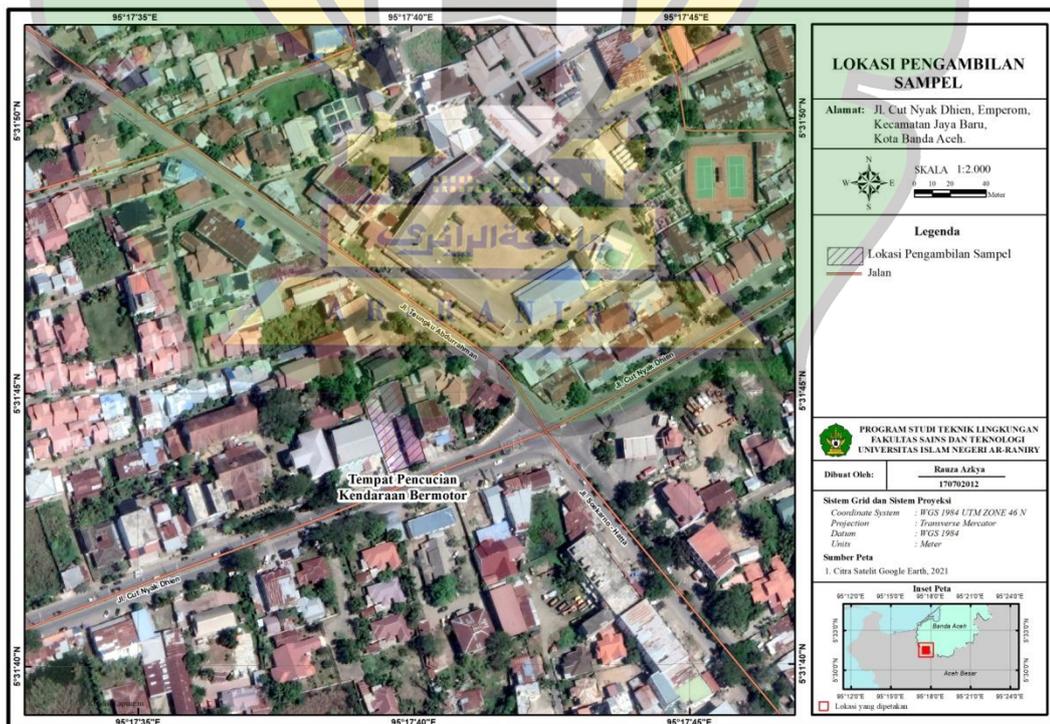
Sumber: Laboratorium Penguji Baristand Industri Banda Aceh (LABBA), (2021)

Sampel air limbah pencucian kendaraan bermotor diambil dengan metode *grab sampling*. Sampel diambil sesuai dengan teknik pada SNI 6989.59:2008 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel dapat dilihat pada

Gambar 3.4. Sampel diambil sebanyak 10 L dan langsung dibawa ke laboratorium.



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel



Gambar 3.3 Lokasi pengambilan sampel



Gambar 3.4 Pengambilan sampel

3.3. Eksperimen Fotodegradasi

Eksperimen fotodegradasi memerlukan bahan serta reaktor fotokatalis. Bahan yang dipakai untuk keperluan penelitian tercantum pada Tabel 3.2 dan ZnO secara fisik dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Tabel 3.2 Bahan penelitian

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Sampel air limbah pencucian kendaraan bermotor	10 L
2.	ZnO	6,75 gram



Gambar 3.5 Seng oksida (ZnO)

Reaktor fotokatalis yang digunakan mempunyai perincian sebagai berikut.

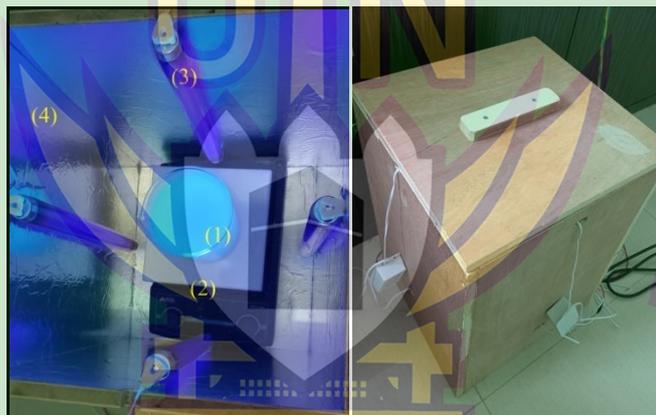
Tabel 3.3 Spesifikasi reaktor fotokatalis

Aspek	Keterangan
Dimensi reaktor fotokatalis	$p \times l \times t$ (30 cm \times 30 cm \times 45 cm)
Material	Papan triplek dilapisi dengan alumunium foil
Lampu	4 buah lampu (UV A)

Sumber: (Anggraini, 2019)

Lampu sinar UV A digunakan sebanyak 4 buah, masing-masing lampu memiliki daya 10 watt. Intensitas cahaya yang dimiliki lampu akan dihitung menggunakan lux meter.

Reaktor fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 3.6, dengan keterangan 1 untuk *beaker glass*, 2 untuk *magnetic stirrer*, 3 untuk lampu sinar UV A, dan 4 untuk papan triplek yang dilapisi foil aluminium.



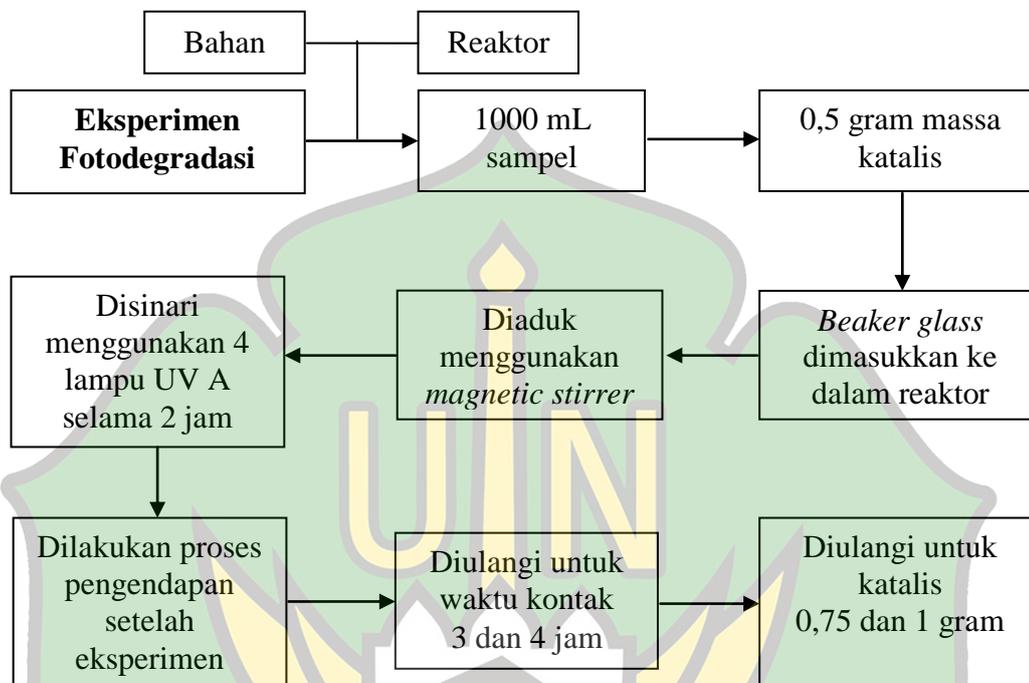
Gambar 3.6 Reaktor fotokatalis

Eksperimen fotodegradasi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. 1000 mL air limbah pencucian kendaraan bermotor ditambahkan ke dalam *beaker glass* ukuran 1 L.
2. Fotokatalis ZnO sebanyak 0,5 gram ditambahkan ke dalam *beaker glass* ukuran 1 L.
3. *Beaker glass* ukuran 1 L dimasukkan ke dalam reaktor.
4. Sampel diaduk dengan *magnetic stirrer*.
5. Sampel disinari menggunakan 4 lampu sinar UV A selama 2 jam.
6. *Beaker glass* dikeluarkan dari reaktor lalu dilakukan pengendapan.

7. Prosedur 1-6 diulang dengan waktu kontak selama 3 dan 4 jam.
8. Prosedur 1-7 diulang menggunakan massa 0,75, dan 1 gram.

Diagram eksperimen fotodegradasi dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Eksperimen fotodegradasi

3.4. Pengukuran Parameter

Dilakukan pengukuran terhadap nilai pH, COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat sebelum dan sesudah eksperimen.

3.4.1 Pengukuran nilai pH

Proses pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 3.8. Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.11-2004, alat yang digunakan adalah pH meter. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- a. pH meter dikalibrasi menggunakan larutan penyangga.
- b. pH meter dikeringkan menggunakan kertas tisu, lalu elektroda dibilas menggunakan air suling.
- c. Elektroda dibilas menggunakan sampel.
- d. Elektroda dicelup ke dalam sampel sampai angka pembacaan pada pH meter tetap.
- e. Hasil angka pembacaan dicatat.



Gambar 3.8 Pengukuran pH

3.4.2 Pengukuran nilai COD

Pengukuran COD dapat dilihat pada Gambar 3.9. Pengukuran merujuk pada SNI 6989.2:2009. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- Sampel dihomogenkan dengan *digestion solution* dan larutan pereaksi asam sulfat di dalam tabung.
- Tabung dimasukkan ke pemanas pada suhu 150°C, dilakukan refluks selama 2 jam.
- Tabung didinginkan sampai suhu ruang agar tidak terbentuk endapan.
- Suspensi dibiarkan mengendap dan dipastikan bagian yang diukur jernih.
- Sampel diukur serapan pada panjang gelombang yang ditentukan.
- Kadar COD dihitung berdasar persamaan linear kurva kalibrasi.
- Sampel dilakukan analisis duplo.

Nilai COD dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$\text{COD mg/L} = \frac{A - B}{\text{mL contoh uji}} \times M \times 8000 \quad (3.1)$$

dengan A merupakan volume larutan FAS yang digunakan untuk blanko (mL), M merupakan molaritas larutan FAS, B merupakan volume dari larutan FAS yang digunakan untuk contoh uji (mL), serta 8000 yaitu berat miliequivalent oksigen x 1000 mL/L.



Gambar 3.9 Pengukuran COD

3.4.3 Pengukuran nilai TSS

Pengukuran TSS dapat dilihat pada Gambar 3.10. Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 secara gravimetri.



Gambar 3.10 Pengukuran TSS

Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- a. Peralatan vakum digunakan untuk penyaringan. Saringan dibasahkan dengan air suling.
- b. Sampel diaduk dengan pengaduk magnetik sampai homogen.
- c. Sampel dipipet sampai volume tertentu.
- d. Kertas saring atau saringan dicuci dengan 3 x 10 mL air suling, kertas saring dibiarkan mengering.
- e. Sampel disaring menggunakan vakum selama 3 menit.
- f. Kertas saring dipindahkan ke wadah timbangan aluminium sebagai penyangga. Cawan Gooch dipindahkan dari rangkaian alat.

- g. Kertas saring dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 103°C sampai 105°C.
- h. Kertas saring didinginkan di dalam desikator.
- i. Kertas saring ditimbang.
- j. Tahapan pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulang sampai berat konstan.

Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

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

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

3.4.4 Pengukuran tingkat kekeruhan

Pengukuran kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 3.11. Pengukuran dilakukan merujuk kepada SNI 06-6989.25-2005.



Gambar 3.11 Pengukuran kekeruhan

Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- a. Tabung nefelometer dicuci menggunakan air suling.
- b. Sampel dikocok dan dimasukkan ke dalam tabung nefelometer. Tutup nefelometer dipasang.
- c. Alat dibiarkan sampai menunjukkan angka pembacaan stabil.
- d. Nilai kekeruhan sampel dicatat.

Tingkat kekeruhan dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp, \quad (3.2)$$

dengan A merupakan kekeruhan dalam NTU dan fp merupakan faktor pengenceran.

3.4.5 Pengukuran kandungan fosfat

Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.31:2005. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- 50 mL sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam labu *erlenmeyer*.
- Ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalein, jika terbentuk warna muda maka ditambahkan H₂SO₄ pertetes sampai warna hilang.
- Ditambahkan larutan campuran sebanyak 8 mL lalu dihomogenkan.
- Dimasukkan ke dalam kuvet dan dimasukkan ke dalam alat spektrofotometer, lalu dibaca serta dicatat serapan pada panjang gelombang nm pada rentang waktu 10 sampai 30 menit.

Kandungan fosfat dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times fp, \quad (3.3)$$

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

3.6. Analisis Data

Analisis data dimulai dengan dicari persentase efektivitas fotodegradasi berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan. Efektivitas fotodegradasi dapat diketahui dengan Persamaan 3.4.

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

dengan a merupakan konsentrasi awal sebelum dilakukan eksperimen dan b merupakan konsentrasi pencemar setelah dilakukan pengolahan (Trisnawati, 2019).

Pengaruh massa katalis dan waktu kontak dianalisis secara statistik terhadap perubahan nilai pH, degradasi COD, TSS, tingkat kekeruhan, dan kandungan fosfat. Hal ini didapatkan dengan menganalisis secara statistik dengan menggunakan aplikasi atau *software Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). SPSS berguna dalam mengolah serta menganalisis data kualitatif maupun kuantitatif. SPSS digunakan oleh berbagai macam kalangan dari riset ilmu sains, proses produksi di pabrik, data ilmu sosial, dan lain sebagainya (Zein dkk., 2019).

SPSS adalah *software* dengan kemampuan menganalisa secara statistik yang relatif tinggi, mudah dalam perhitungan, serta dapat menganalisis data dengan variabel yang banyak (Fauziah dan Karhab, 2019).

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 (Janie, 2012).

Selanjutnya dilakukan analisis kinetika fotodegradasi menggunakan kinetika laju reaksi orde 0 dan orde 1. Kinetika laju reaksi yang paling efektif didapatkan dari perbandingan analisa orde 0 dan orde 1. Besar laju reaksi pada orde 0 tidak mendapat pengaruh dari peningkatan konsentrasi pereaksi. Persamaan orde reaksi 0 didapatkan melalui persamaan 3.5.

$$C_A = C_{A0} - kt, \quad (3.5)$$

dengan C_A adalah konsentrasi A pada saat $t = t$, C_{A0} merupakan konsentrasi A pada $t = 0$, k merupakan konstanta laju fotodegradasi, serta t merupakan waktu (Hajar dkk., 2016).

Besar laju reaksi orde 1 bergantung pada konsentrasi dari reaktan yang dipangkatkan dengan satu, laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi dari pereaksi (Rambe, 2015). Persamaan orde 1 didapatkan dari persamaan 3.6.

$$\frac{\Delta C}{\Delta t} = k (C_0 - C_t), \quad (3.6)$$

dengan t adalah waktu (jam), k merupakan koefisien kecepatan reaksi degradasi, C_0 adalah konsentrasi terdegradasi pada waktu (0), serta C_t adalah konsentrasi terdegradasi pada waktu.

Berdasarkan laju reaksi orde 0 dan orde 1 didapatkan degradasi yang paling efektif. Setelah itu dilakukan pemodelan untuk menentukan model kinetik yang paling sesuai antara literatur dengan data pada penelitian. Data yang diplot berdasarkan pada penghilangan polutan dari serapan polutan pada air limbah yang dianalisis (Chua dkk., 2019).

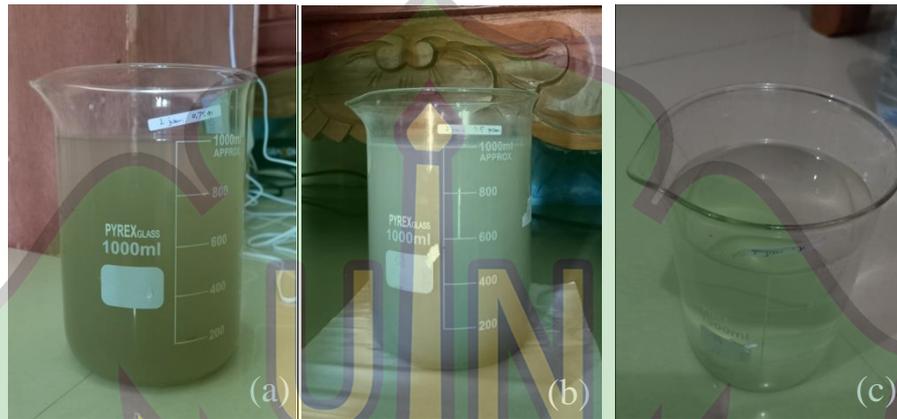
BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Air limbah pencucian kendaraan bermotor diolah dengan metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis ZnO. Hasil pengukuran sampel sebelum dan sesudah eksperimen serta efektivitas degradasi untuk parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat dapat dilihat pada Tabel 4.1. Eksperimen fotodegradasi menggunakan variasi massa 0,5, 0,75, dan 1 gram ZnO serta variasi kontak 2, 3, dan 4 jam untuk mengolah air limbah pencucian kendaraan bermotor. Limbah yang diolah disinari menggunakan lampu UV A sebagai sumber energi foton yang akan memulai terjadinya proses fotodegradasi pada limbah. Intensitas cahaya lampu UV A diukur menggunakan lux meter, intensitas cahaya pada waktu kontak 2, 3, dan 4 jam adalah 1508, 1604, dan 2004 cd. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* agar proses fotodegradasi dapat terjadi secara efektif.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sampel air limbah pencucian kendaraan bermotor yang berada di Jln. Cut Nyak Dhien, Emperom, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh melebihi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen, dan Produk-Produk Minyak Nabati untuk parameter pH, COD, TSS, dan fosfat. Hasil pengukuran awal menunjukkan bahwa nilai parameter pH adalah 8,23, COD sebesar 681 mg/L, TSS sebesar 596 mg/L, kekeruhan sebesar 601 NTU, dan fosfat 19,65 mg/L.

Penampakan fisik limbah pencucian kendaraan bermotor sebelum eksperimen cenderung memiliki warna yang keruh dan setelah eksperimen dengan fotokatalis ZnO limbah pencucian kendaraan bermotor menjadi lebih jernih. Gambar 4.1 menunjukkan penampakan fisik limbah pencucian kendaraan bermotor (a) sebelum eksperimen, (b) setelah dikeluarkan dari reaktor dan (c) setelah diendapkan.



Gambar 4.1 Limbah pencucian kendaraan bermotor (a) sebelum eksperimen, (b) setelah dikeluarkan dari reaktor, dan (c) setelah diendapkan.



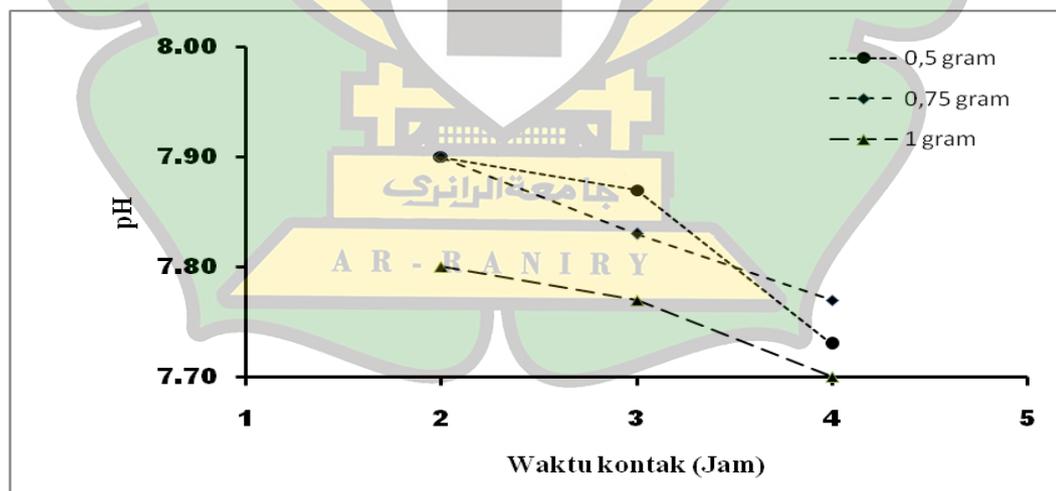
Tabel 4.1 Hasil pengukuran setelah dilakukan eksperimen parameter pH, COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat *(Hasil Pengukuran Awal (HPA), Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi (HPSF), dan Efektivitas Fotodegradasi (EF)), kolom yang berwarna hijau menunjukkan bahwa nilai parameter tersebut memenuhi baku mutu.

Variasi Eksperimen		pH		COD (mg/L)			TSS (mg/L)			Kekeruhan (NTU)			Fosfat (mg/L)		
Waktu Kontak (jam)	Massa Katalis (gram)	HPA	HPSF	HPA	HPSF	η (%)	HPA	HPSF	η (%)	HPA	HPSF	η (%)	HPA	HPSF	η (%)
2	0,50	8,23	7,90	681,00	315,00	53,74	596,00	495,00	16,95	601,00	40,57	93,25	19,65	7,68	60,92
	0,75		7,87		165,00	75,77		459,00	22,99		19,97	96,68		9,53	51,50
	1,00		7,73		66,40	90,25		438,00	26,51		14,59	97,57		9,03	54,05
3	0,50		7,90		107,20	84,26		485,00	18,62		38,87	93,53		11,41	41,93
	0,75		7,83		65,80	90,34		485,00	18,62		26,37	95,61		9,88	49,72
	1,00		7,70		47,50	93,02		420,00	29,53		12,26	97,96		8,03	59,13
4	0,50		7,80		64,40	90,54		512,00	14,09		11,37	98,11		10,37	47,23
	0,75		7,77		33,10	95,14		483,00	18,96		12,65	97,90		10,82	44,94
	1,00		7,77		32,70	95,20		373,00	37,42		1,42	99,76		6,23	68,30

4.2. Pembahasan

4.1.1 Pengaruh massa ZnO

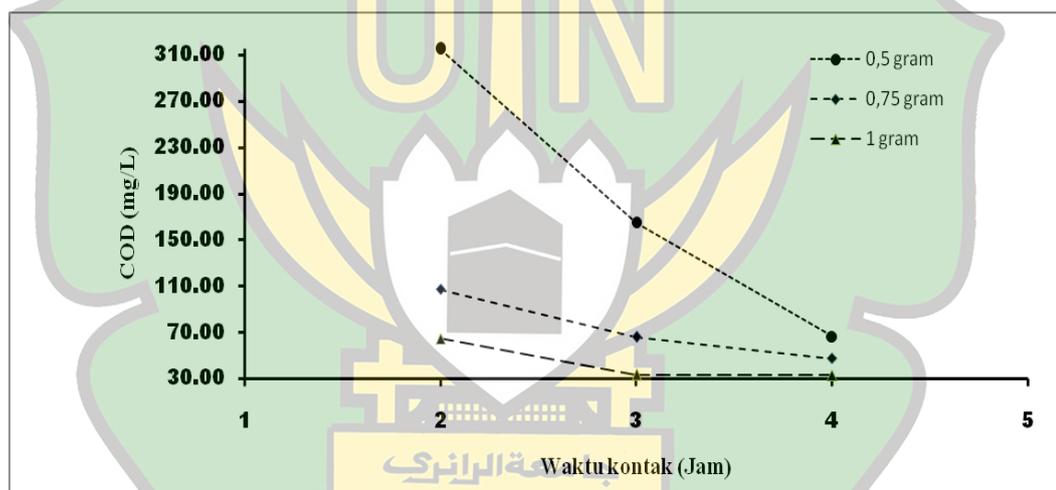
Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa mempengaruhi perubahan pH. pH limbah pencucian kendaraan bermotor sebelum dilakukan eksperimen adalah 8,23 yang mendekati basa. Pada massa 1 gram dengan waktu kontak 4 jam hasil perubahan pH mencapai 7,70. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikansi adalah $0,009 < 0,05$. Perubahan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4.2. Nilai pH berperan dalam terbentuknya radikal hidroksil. Kondisi basa pH akan mempengaruhi muatan pada partikel ZnO (Juhra dan Notodarmodjo, 2016). Karbon dioksida yang terbentuk dalam proses fotodegradasi akan membuat kadar hidrogen pada limbah akan meningkat sehingga akan terjadi perubahan parameter pH. Permukaan partikel ZnO dapat memiliki muatan positif, tidak bermuatan, atau negatif. Saat pH larutan lebih kecil dari 7 maka permukaan ZnO memiliki muatan positif. Permukaan ZnO yang tidak memiliki muatan terjadi saat pH bernilai di sekitar 7. pH larutan lebih besar dari 7 akan menyebabkan permukaan ZnO bermuatan negatif (Hermawan dan Budianto, 2007).



Gambar 4.2 Grafik hasil uji perubahan pH limbah pencucian kendaraan bermotor.

Eksperimen fotodegradasi menunjukkan hasil bahwa massa ZnO mempengaruhi degradasi parameter COD. Pengaruh tersebut juga didukung oleh hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter COD yaitu $0,043 < 0,05$.

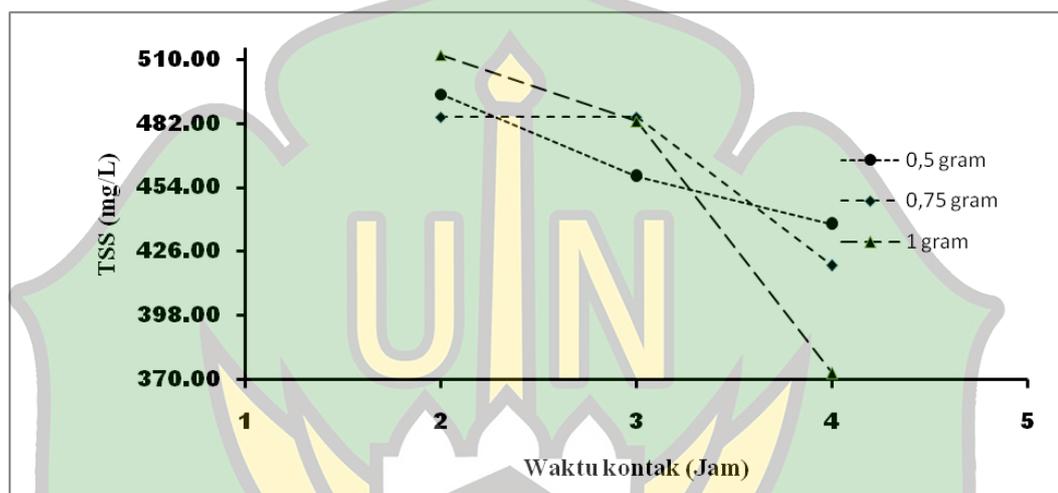
Efektivitas fotodegradasi mencapai 95,20% dengan massa ZnO 1 gram serta waktu kontak 4 jam. Hasil degradasi terendah dapat terlihat pada penambahan 0,5 gram ZnO dengan waktu kontak 2 jam yaitu sebesar 53,74%. Berdasarkan Gambar 4.3, peningkatan degradasi terjadi seiring bertambahnya massa katalis. Grafik pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa penambahan massa katalis serta waktu kontak berpengaruh terhadap degradasi nilai COD. Hal ini diduga karena semakin lama waktu kontak, maka akan menyebabkan semakin banyak radikal hidroksil yang terbentuk, sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yaitu semakin banyak massa ZnO yang ditambahkan maka semakin banyak partikel ZnO yang akan bereaksi dengan air limbah. Hal ini berdasarkan Hasegawa dkk., (2014) COD turun dari 15.023 menjadi 350 mg/L Penelitian tersebut menggunakan 1 gr/L ZnO serta waktu kontak 4 jam.



Gambar 4.3 Grafik hasil uji penurunan nilai COD limbah pencucian kendaraan bermotor.

Hasil eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa penambahan massa ZnO mempengaruhi degradasi TSS. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda parameter TSS memiliki koefisien $0,006 < 0,05$. Parameter TSS memiliki efektivitas degradasi sebesar 37,42% pada massa 1 gram dan waktu kontak 4 jam. Degradasi parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kadar TSS mengalami penurunan nilai namun tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara fisik, air hasil pengolahan pada eksperimen terlihat jernih. Partikel tersuspensi penyebab tingginya partikel TSS memiliki ukuran partikel

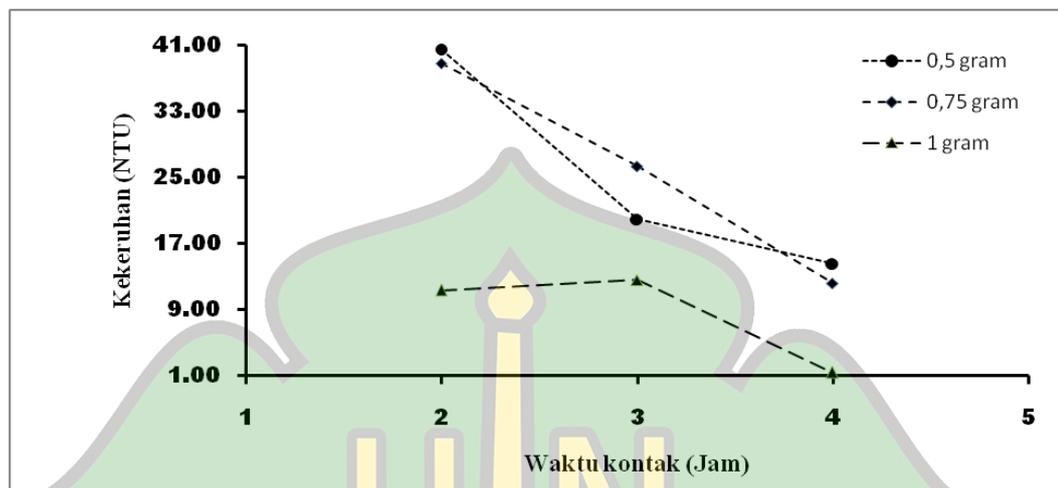
paling besar 2 μm , lebih besar dari ukuran partikel koloid. Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan terhambatnya penembusan cahaya menuju air limbah (Andini dkk., 2015). Material tersuspensi merupakan zona terjadi proses reaksi kimia yang bersifat heterogen. Zat tersuspensi akan membentuk endapan awal 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 pencucian kendaraan bermotor.

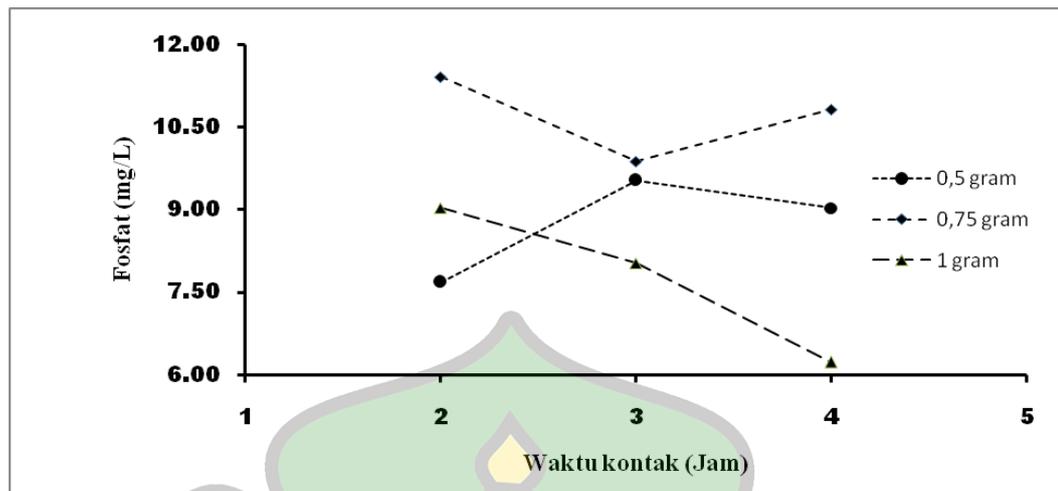
Degradasi kekeruhan pada air limbah pencucian kendaraan bermotor meningkat seiring bertambahnya massa katalis. Hal ini didukung oleh hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter kekeruhan $0,013 < 0,05$. Berdasarkan Gambar 4.5, grafik degradasi parameter kekeruhan menunjukkan hasil yang baik. Efektivitas fotodegradasi terendah dapat dilihat pada penambahan massa katalis 0,5 gram pada waktu kontak 2 jam yaitu sebesar 93,25%. Sedangkan efektivitas fotodegradasi tertinggi didapat saat penambahan 1 gram katalis dengan waktu kontak 4 jam yaitu sebesar 99,76%. 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.



Gambar 4.5 Grafik hasil uji penurunan nilai kekeruhan limbah pencucian kendaraan bermotor.

Untuk parameter fosfat, penambahan massa ZnO tidak mempengaruhi proses degradasi. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda tidak dipengaruhi oleh variasi massa ZnO yaitu diperoleh nilai $0,167 > 0,05$. Efektivitas fotodegradasi tertinggi untuk parameter fosfat yaitu 68,30% dengan massa 1 gram serta waktu kontak 1 gram. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa degradasi parameter fosfat bersifat fluktuatif. Nilai fosfat turun namun tidak memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yaitu 3 mg/L. Pada penambahan massa 0,5 gram ZnO penurunan nilai fosfat cenderung menurun seiring bertambahnya waktu kontak, efektivitas degradasi pada waktu kontak 2, 3, serta 4 jam yaitu 60,92, 41,93, dan 47,23%. Pada penambahan massa 0,75 gram ZnO efektivitas degradasi juga mengalami penurunan pada waktu kontak 2, 3, serta 4 jam yaitu 51,50, 49,72, dan 44,94%. Sedangkan efektivitas degradasi pada saat penambahan 1 gram ZnO mengalami peningkatan, pada waktu kontak 2, 3, serta 4 jam persentase yang didapatkan yaitu 54,05, 59,13, dan 68,30%.



Gambar 4.6 Grafik hasil uji penurunan fosfat limbah pencucian kendaraan bermotor.

4.1.2 Pengaruh waktu kontak

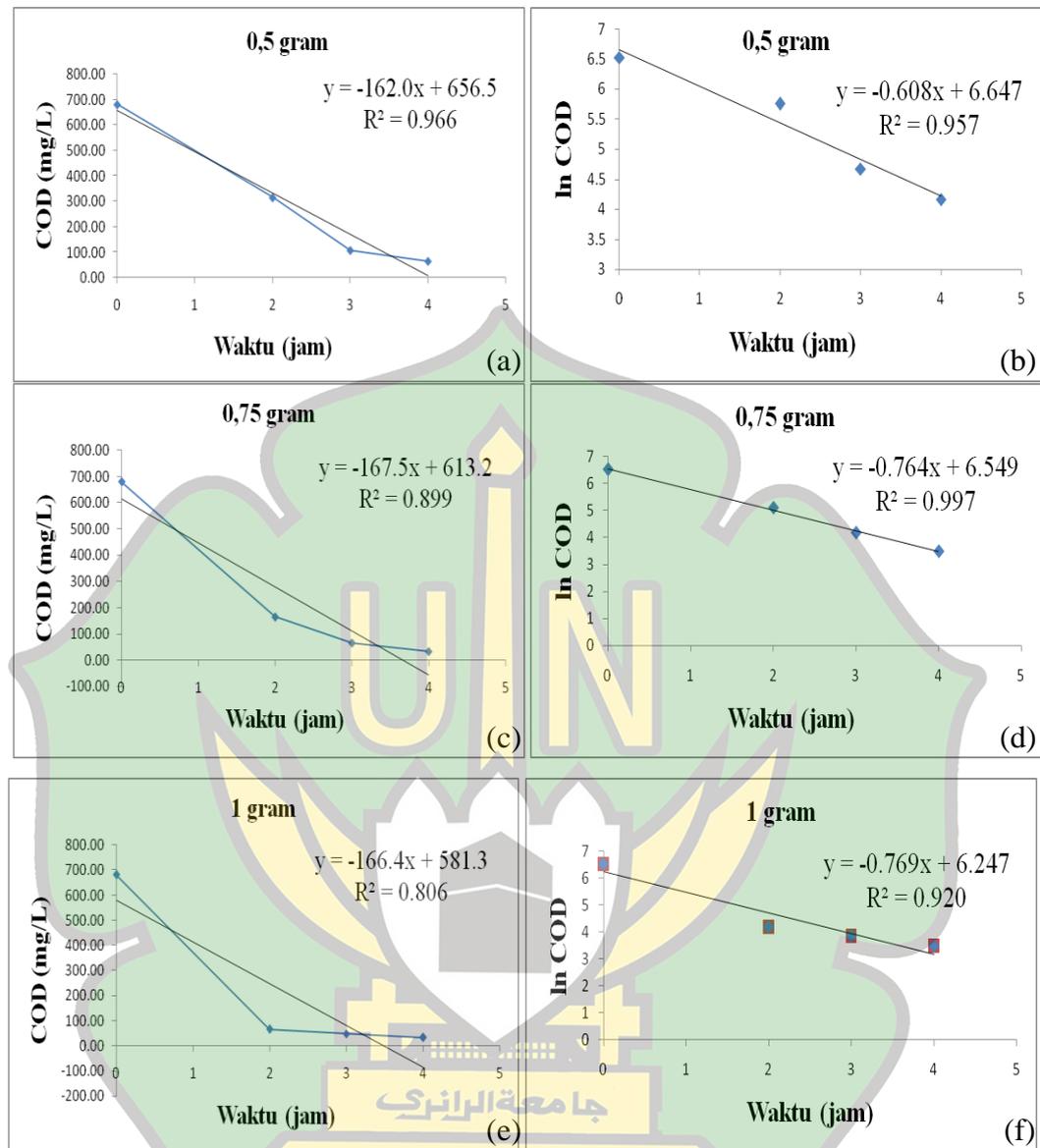
Waktu kontak tidak mempengaruhi perubahan nilai pH dengan hasil analisis regresi linear berganda parameter pH adalah 0,178 yang lebih besar dari 0,005. Pada waktu kontak 2 jam hasil perubahan nilai pH dengan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 7,90, 7,87, dan 7,73. Pada waktu kontak 3 jam hasil perubahan dengan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 7,90, 7,83, dan 7,77. Sedangkan waktu kontak 4 jam hasil perubahan dengan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 7,80, 7,77, dan 7,70. Perubahan bersifat fluktuatif, nilai perubahan tidak stabil seiring bertambahnya waktu kontak.

Parameter COD dipengaruhi oleh variasi waktu kontak dalam penurunan kadarnya. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter COD adalah $0,020 < 0,05$. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa terjadi penurunan parameter COD seiring bertambahnya waktu kontak. Waktu kontak sinar UV A berpengaruh terhadap limbah dalam meningkatkan persentase degradasi. Pada massa 1 gram dengan waktu kontak 2 jam diperoleh persentase fotodegradasi 90,25%. Sedangkan waktu kontak 3 jam diperoleh persentase fotodegradasi 93,02%. Lalu untuk waktu kontak 4 jam diperoleh persentase fotodegradasi 95,20%. Semakin lama waktu kontak akan meningkatkan lama waktu interaksi antara cahaya UV A, limbah, dan ZnO. Maka akan meningkatkan produksi radikal hidroksil (Permata dkk., 2016). Semakin lama waktu kontak

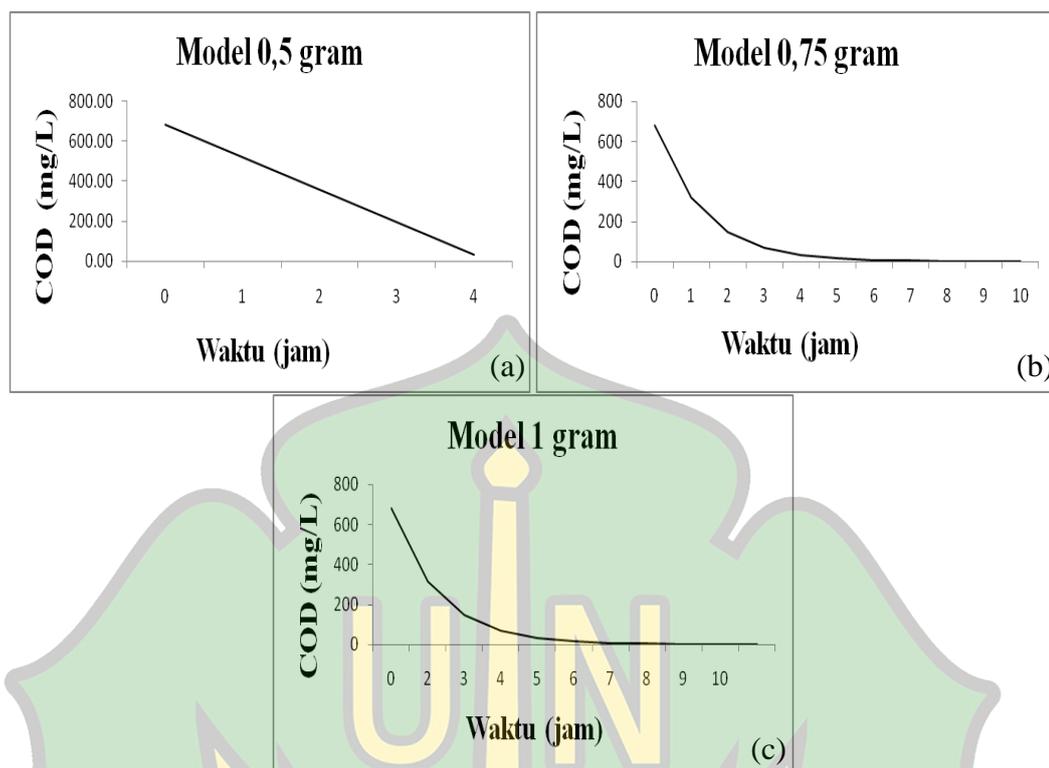
maka interaksi antara air limbah dengan fotokatalis akan semakin lama. Sehingga proses degradasi semakin efektif yang disebabkan oleh molekul air limbah yang mengenai permukaan ZnO akan merata (Aditya dkk., 2012).

Proses degradasi parameter COD, TSS, kekeruhan, dan fosfat dapat dihitung laju degradasi atau besar kecepatan degradasi proses fotodegradasi. Diperlukan perbandingan orde 0 dengan orde 1 sehingga didapatkan laju reaksi yang signifikan. Kinetika orde 0 didapatkan dari memplotkan t (waktu) dengan kadar pengukuran pada tiap waktu pencuplikan. Kinetika orde 1 didapat dari nilai \ln COD yang diplot dengan t (waktu). Grafik kinetika orde 0 dan orde 1 parameter COD ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Berdasarkan Gambar 4.7 orde reaksi pada proses degradasi COD untuk massa 0,5 gram mengikuti orde 0. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi linear pada kurva orde 0 ($R^2 = 0,966$), tingkat kepercayaan mencapai 96,6% pada massa 0,5 gram. Proses degradasi COD untuk massa 0,75 gram mengikuti orde 1. Nilai koefisien korelasi linear pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,997$), tingkat kepercayaan mencapai 99,7% pada massa 0,75 gram. Proses degradasi COD untuk massa 1 gram mengikuti orde 1. Nilai koefisien korelasi linear pada kurva orde 1 ($R^2 = 0,920$), tingkat kepercayaan mencapai 92% pada massa 1 gram. Pemodelan kinetika dilakukan untuk menentukan model kinetika yang sesuai dengan hasil penelitian. Pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.8. Pada massa 0,5 gram orde 0 ditetapkan untuk dilakukan pemodelan kinetika. Sedangkan pada massa 0,75 dan 1 gram ditetapkan orde 1 sebagai pemodelan kinetika. Berdasarkan pemodelan, air limbah yang diolah menggunakan ZnO dengan massa 0,5 gram dapat dimodelkan dengan orde 0, COD dapat terdegradasi hingga di bawah baku mutu pada waktu kontak 4 jam. Pada massa 0,75 dan 1 gram COD terdegradasi paling optimal pada waktu kontak 10 jam.

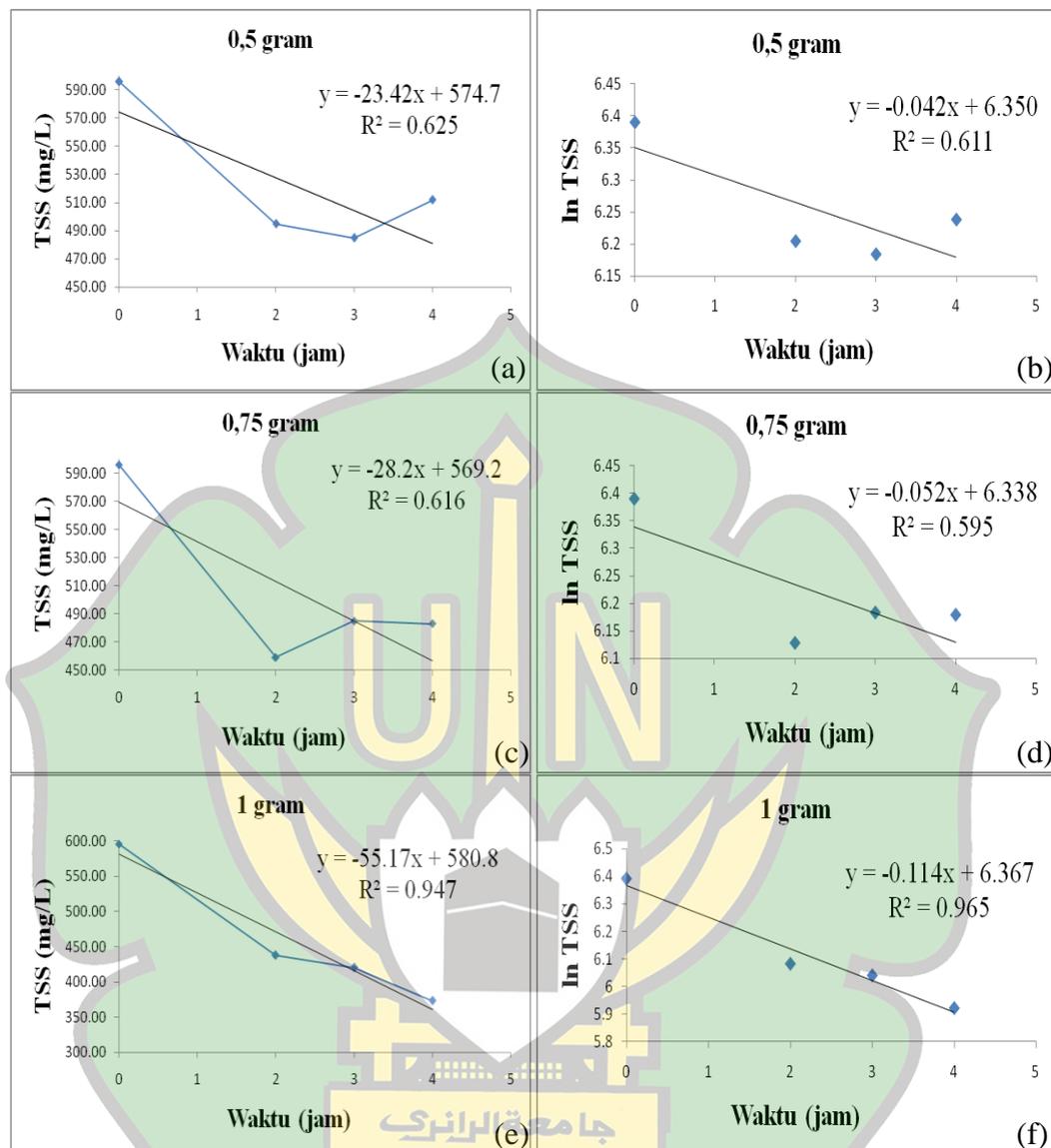


Gambar 4.7 Grafik kinetika fotodegradasi COD (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,5 gram dengan orde 1, (c) massa 0,75 gram dengan dengan orde 0, (d) massa 0,75 gram dengan dengan orde 1, (e) massa 1 gram dengan dengan orde 0, dan (f) massa 1 gram dengan dengan orde 1.



Gambar 4.8 Grafik pemodelan COD (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,75 gram dengan orde 1, dan (c) massa 1 gram dengan orde 1.

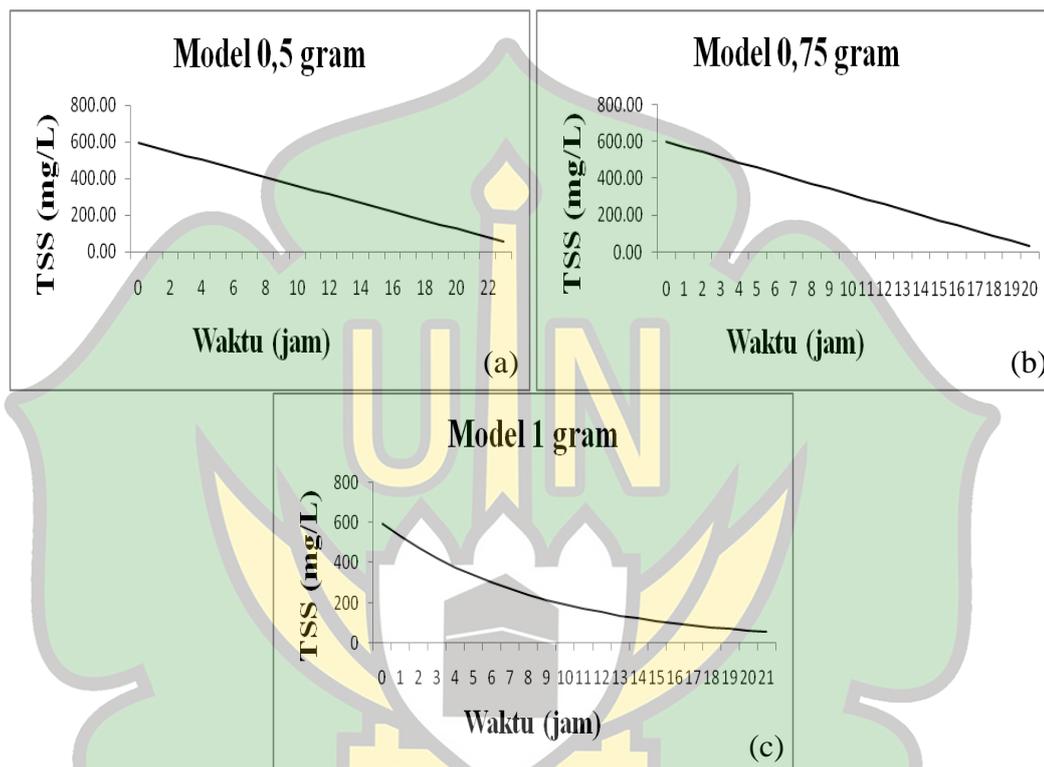
Hasil eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa parameter TSS tidak dipengaruhi oleh waktu kontak dalam degradasi nilainya. Hasil analisis regresi linear berganda parameter TSS adalah 0,714 yang berarti lebih besar dari 0,05. Berdasarkan Gambar 4.6 penurunan parameter TSS pada waktu kontak 2 jam untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 495,00, 459,00, dan 438,00. Pada waktu kontak 3 jam penurunan parameter TSS untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 485,00, 485,00, dan 420,00. Penurunan parameter TSS pada waktu kontak 4 jam untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram yaitu 512,00, 483,00, dan 373,00. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak katalis yang ditambahkan dapat menurunkan daya penangkapan oleh katalis terhadap energi foton sehingga proses oksidasi oleh h^+ dan proses reduksi oleh e^- menjadi terhambat (Darmawan dkk., 2013).



Gambar 4.9 Grafik kinetika fotodegradasi TSS (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,5 gram dengan orde 1, (c) massa 0,75 gram dengan dengan orde 0, (d) massa 0,75 gram dengan dengan orde 1, (e) massa 1 gram dengan dengan orde 0, dan (f) massa 1 gram dengan dengan orde 1.

Laju kinetika fotodegradasi pada orde 0 dan orde 1 untuk parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.9. Massa 0,5 dan 0,75 gram ditetapkan orde 0 sebagai pemodelan kinetika. Nilai koefisien korelasi linear (R^2) pada kurva orde 0 pada massa 0,5 dan 0,75 gram adalah 0,625 dan 0,616, dengan tingkat kepercayaan mencapai 62,5 dan 61,6%. Sedangkan massa 1 gram ditetapkan orde 1 sebagai

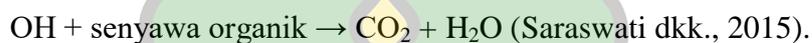
pemodelan kinetika. Nilai koefisien korelasi linear (R^2) pada kurva orde 1 pada massa 1 gram adalah 0,965 dengan tingkat kepercayaan mencapai 96,5%. Grafik pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.10. Berdasarkan pemodelan kinetika, waktu kontak untuk degradasi TSS untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram ZnO paling optimal yaitu pada 23, 20, dan 21 jam.



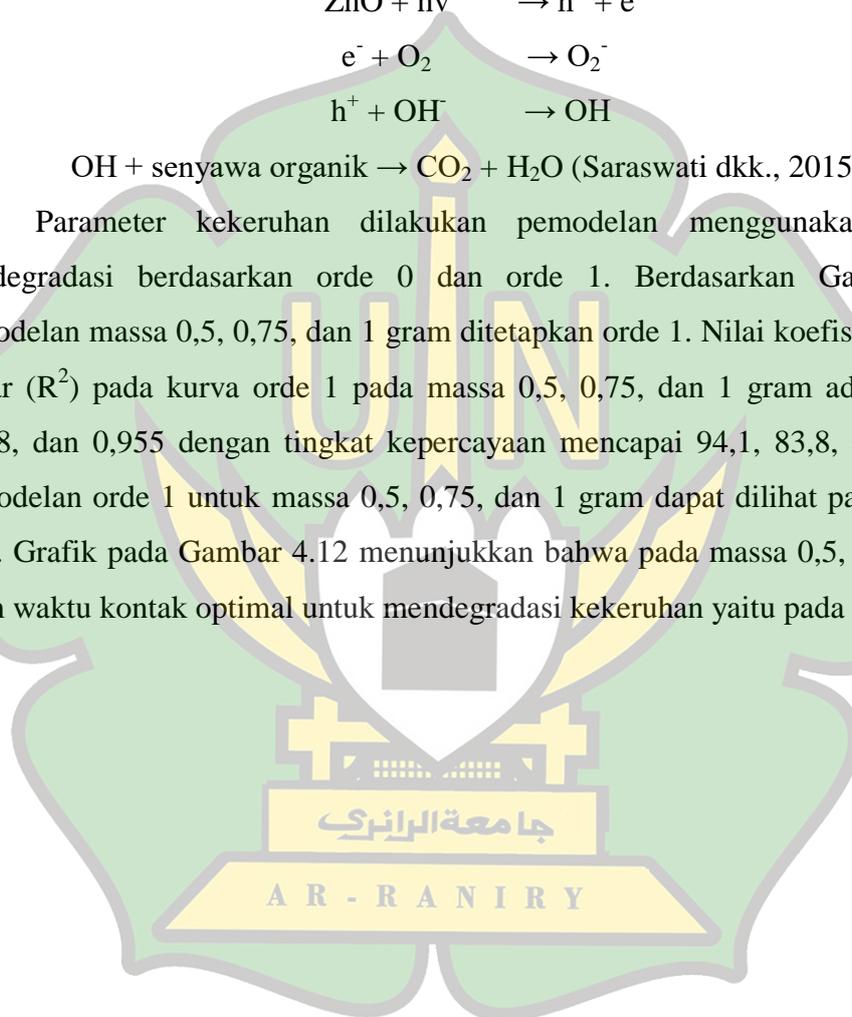
Gambar 4.10 Grafik pemodelan TSS (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,75 gram dengan orde 0, dan (c) massa 1 gram dengan orde 1.

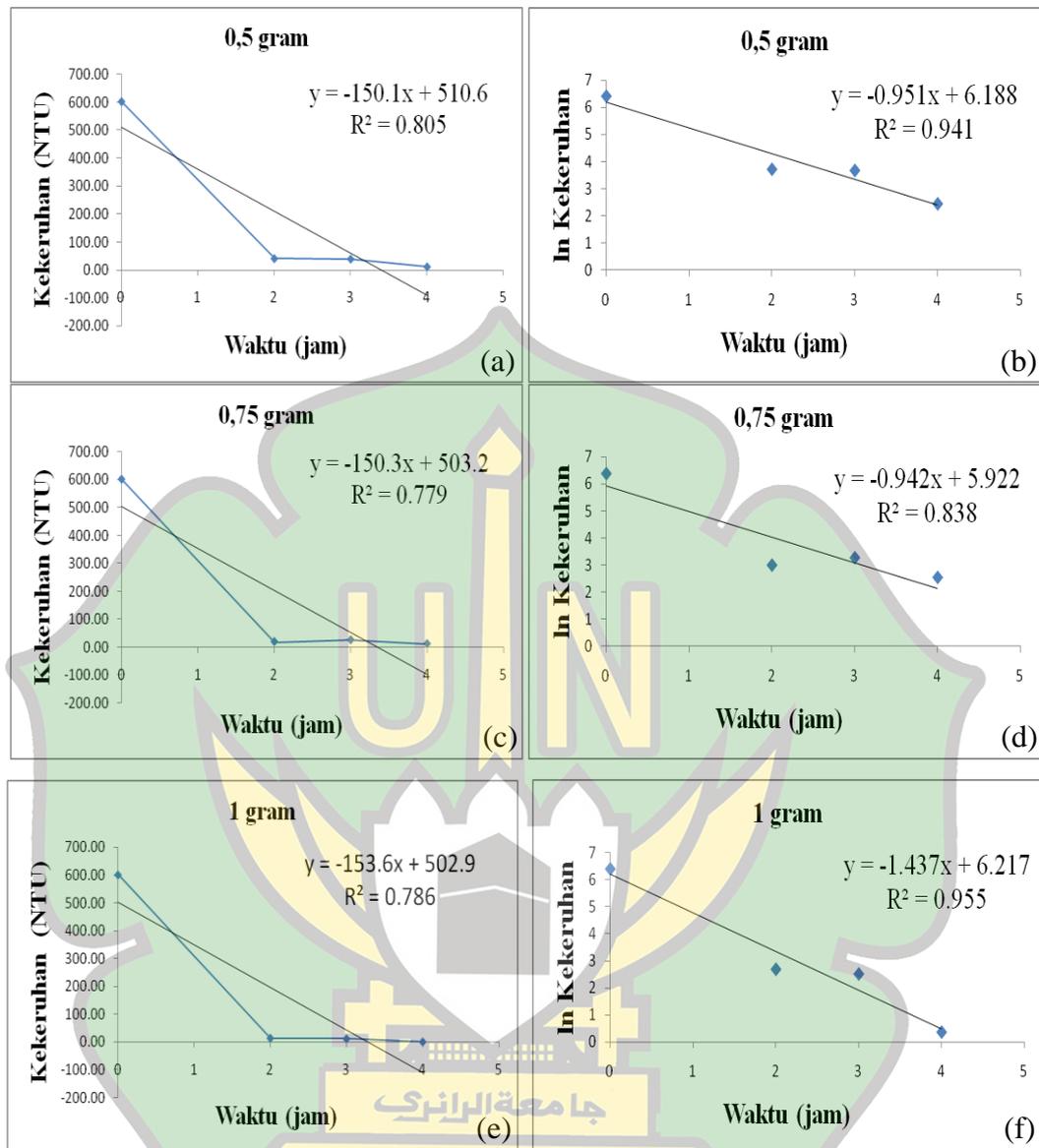
Eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa kekeruhan pada air limbah semakin berkurang seiring bertambahnya waktu kontak. Hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter kekeruhan $0,032 < 0,05$. Selain itu pada Gambar 4.6 juga dapat dilihat degradasi kekeruhan menunjukkan hasil yang baik. Secara fisik terlihat bahwa air limbah semakin jernih. Persentase degradasi tertinggi saat waktu kontak 4 jam dan penambahan 1 gram katalis ZnO. Berdasarkan proses fotodegradasi katalis ZnO 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 ZnO sehingga akan

membentuk OH^\cdot . Elektron akan mereduksi O_2 sehingga membentuk O_2^\cdot (Sutanto dkk., 2017). OH^\cdot akan membentuk radikal hidroksil (OH^\cdot) yang akan berperan mengoksidasi senyawa organik yang dimaksud lalu akan diubah menjadi senyawa yang sederhana seperti karbondioksida serta air. Reaksi tersebut memiliki mekanisme sebagai berikut:

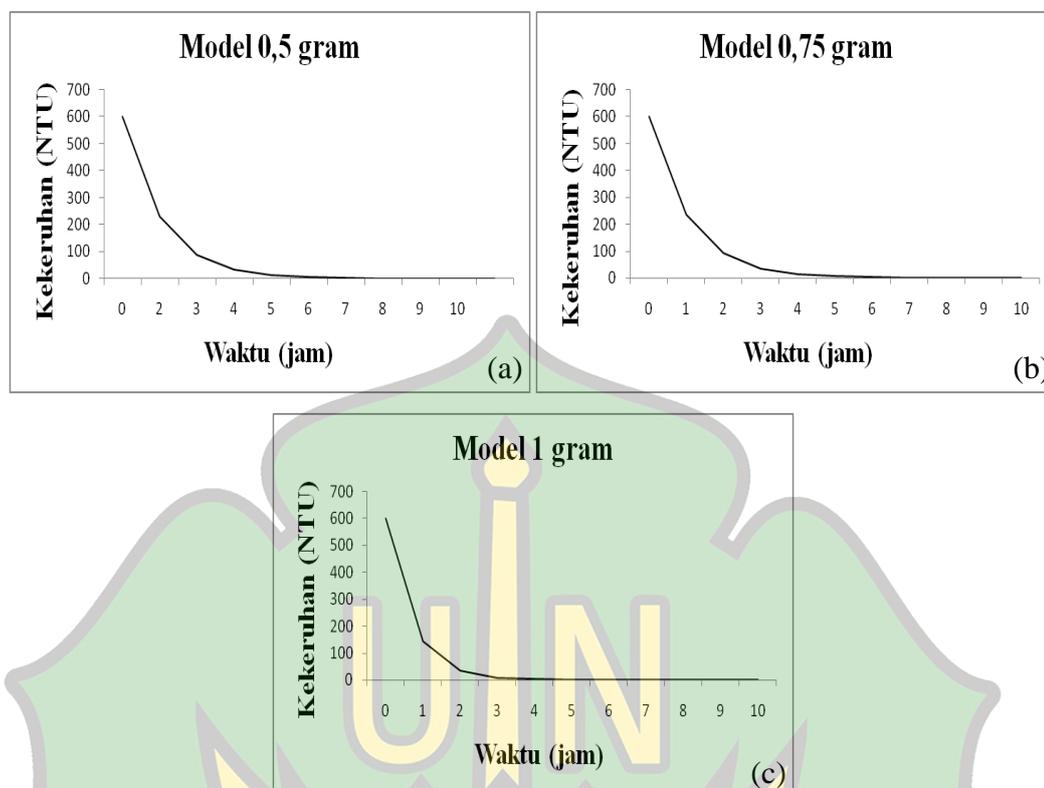


Parameter kekeruhan dilakukan pemodelan menggunakan kinetika fotodegradasi berdasarkan orde 0 dan orde 1. Berdasarkan Gambar 4.11 pemodelan massa 0,5, 0,75, dan 1 gram ditetapkan orde 1. Nilai koefisien korelasi linear (R^2) pada kurva orde 1 pada massa 0,5, 0,75, dan 1 gram adalah 0,941, 0,838, dan 0,955 dengan tingkat kepercayaan mencapai 94,1, 83,8, dan 95,5%. Pemodelan orde 1 untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram dapat dilihat pada Gambar 4.12. Grafik pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa pada massa 0,5, 0,75, dan 1 gram waktu kontak optimal untuk mendegradasi kekeruhan yaitu pada 10 jam.





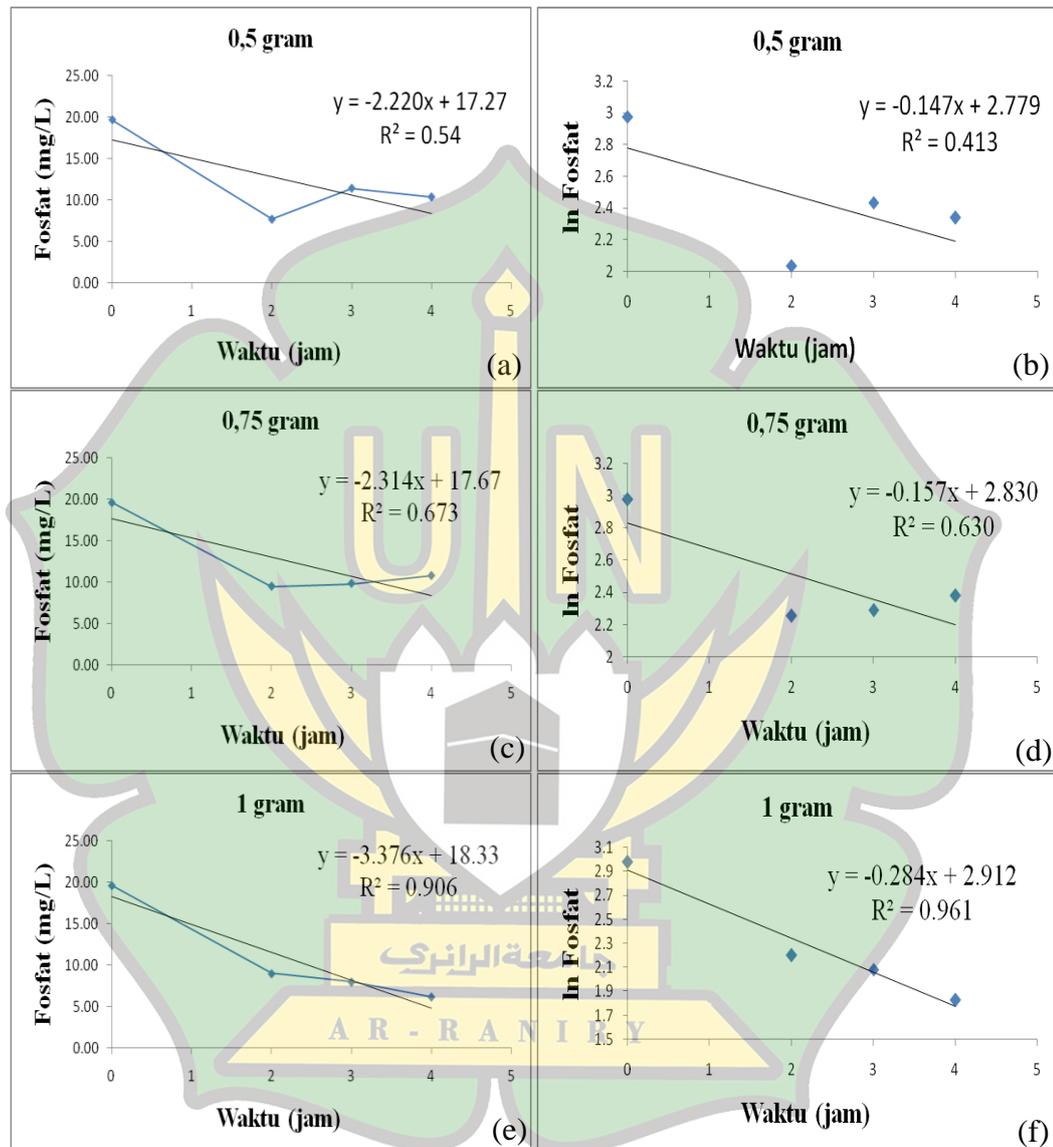
Gambar 4.11 Grafik kinetika fotodegradasi kekeruhan (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,5 gram dengan orde 1, (c) massa 0,75 gram dengan dengan orde 0, (d) massa 0,75 gram dengan dengan orde 1, (e) massa 1 gram dengan dengan orde 0, dan (f) massa 1 gram dengan dengan orde 1.



Gambar 4.12 Grafik pemodelan kekeruhan (a) massa 0,5 gram dengan orde 1, (b) massa 0,75 gram dengan orde 1, dan (c) massa 1 gram dengan orde 1.

Eksperimen fotodegradasi terhadap parameter fosfat tidak dipengaruhi oleh waktu kontak. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda, nilai signifikansi untuk parameter fosfat adalah 0,774. Penurunan parameter fosfat cenderung fluktuatif. Penurunan kadar terlihat pada Gambar 4.8. Persentase degradasi tertinggi untuk parameter fosfat terjadi saat penambahan 1 gram ZnO dengan waktu kontak 4 jam. Pada waktu kontak 2 jam persentase degradasi terbesar terjadi saat penambahan 0,5 gram ZnO. Namun pada waktu kontak 3 dan 4 jam persentase degradasi terbesar terjadi saat penambahan 1 gram ZnO dengan persentase 59,13 dan 68,30%. Hal ini dapat terjadi karena saat elektron dan *hole* terbentuk, keduanya akan mengalami penggabungan kembali sehingga tidak akan bereaksi dengan air ataupun oksigen sehingga akan mengurangi kadar radikal hidroksil yang akan terbentuk. Hal lain yang dapat terjadi yaitu saat semakin lama waktu kontak maka dapat terbentuk hasil fotodegradasi yang tinggi sehingga

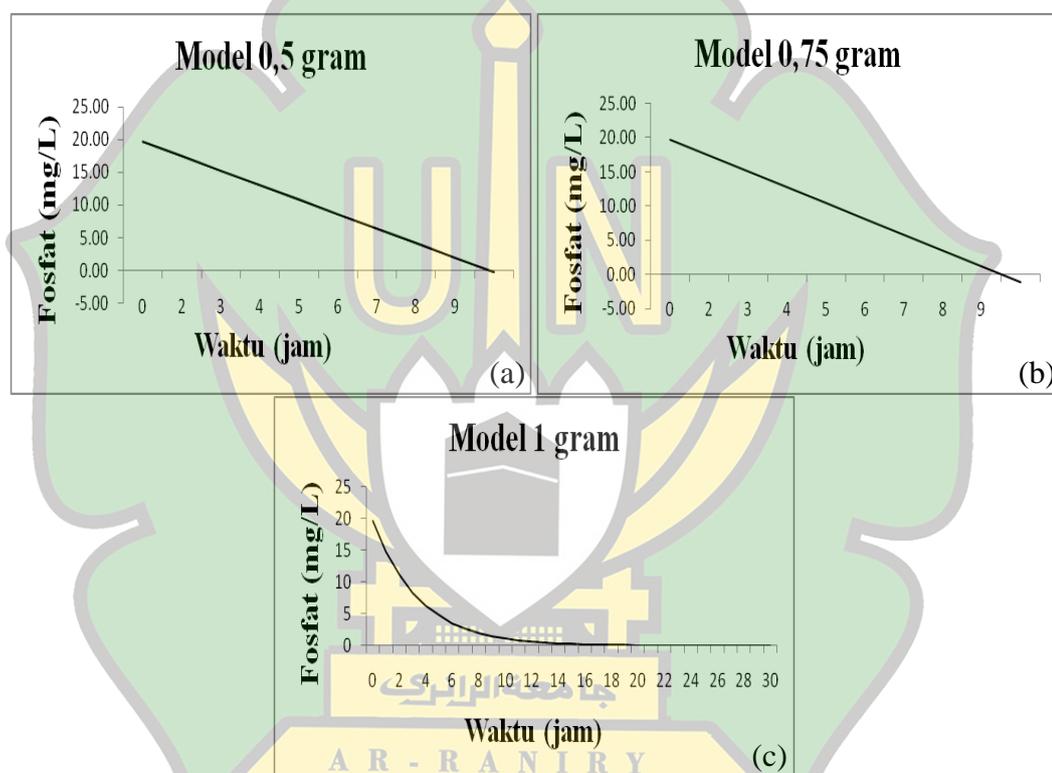
interaksi antara permukaan ZnO dengan air limbah akan berkurang. Lalu menyebabkan kurang efektifnya proses fotodegradasi (Mukaromah dan Irawan, 2008).



Gambar 4.13 Grafik kinetika fotodegradasi fosfat (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,5 gram dengan orde 1, (c) massa 0,75 gram dengan dengan orde 0, (d) massa 0,75 gram dengan dengan orde 1, (e) massa 1 gram dengan dengan orde 0, dan (f) massa 1 gram dengan dengan orde 1.

Laju kinetika fotodegradasi pada orde 0 dan orde 1 untuk parameter fosfat dapat dilihat pada Gambar 4.13. pemodelan kinetika massa 0,5 dan 0,75 gram

ditetapkan berdasarkan orde 0. Nilai koefisien korelasi linear (R^2) pada kurva orde 0 pada massa 0,5 dan 0,75 gram adalah 0,54 dan 0,413, dengan tingkat kepercayaan mencapai 54 dan 41,3%. Sedangkan untuk massa 1 gram ditetapkan orde 1 sebagai pemodelan kinetika. Nilai koefisien korelasi linear (R^2) pada kurva orde 1 pada massa 1 gram adalah 0,961 dengan tingkat kepercayaan mencapai 96,1%. Grafik pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.14. Berdasarkan pemodelan kinetika, waktu kontak untuk degradasi TSS untuk massa 0,5, 0,75, dan 1 gram ZnO paling optimal yaitu pada 9, 9, dan 30 jam.



Gambar 4.14 Grafik pemodelan fosfat (a) massa 0,5 gram dengan orde 0, (b) massa 0,75 gram dengan orde 0, dan (c) massa 1 gram dengan orde 1.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Adapun simpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Pengaruh massa ZnO dalam variasi 0,5, 0,75, dan 1 gram dalam pengolahan limbah pencucian kendaraan bermotor dengan menggunakan fotokatalis ZnO untuk parameter pH, COD, TSS, serta kekeruhan paling efektif yaitu massa 1 gram. Hasil penurunan parameter pH mencapai 7,70, persentase fotodegradasi parameter COD mencapai 95,20%, TSS mencapai 37,42%, serta kekeruhan mencapai 93,25%. Hasil analisis regresi linear berganda untuk parameter pH yaitu 0,009, COD adalah 0,043, TSS adalah 0,006, serta parameter kekeruhan adalah 0,013. Sedangkan parameter fosfat tidak dipengaruhi oleh variasi massa dalam penurunan nilainya dengan hasil analisis regresi linear berganda yaitu 0,167.
2. Pengaruh massa ZnO dalam variasi waktu kontak 2, 3, serta 4 jam dalam pengolahan limbah pencucian kendaraan bermotor dengan menggunakan fotokatalis ZnO untuk parameter COD dan kekeruhan paling efektif yaitu pada waktu kontak 4 jam. Persentase fotodegradasi parameter COD mencapai 95,20%, serta kekeruhan mencapai 99,76%. Hasil analisis analisis regresi linear berganda parameter COD yaitu 0,020, serta kekeruhan yaitu 0,032. Sedangkan parameter pH, TSS, dan fosfat tidak dipengaruhi oleh variasi waktu kontak dengan hasil analisis regresi linear berganda pH yaitu 0,178, TSS yaitu 0,714, serta fosfat yaitu 0,774.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan penambahan metode untuk menyaring partikel yang tidak dapat disisihkan oleh katalis ZnO.
2. Perlu ditingkatkan massa katalis serta waktu kontak agar parameter TSS, COD, dan fosfat dapat memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, H., Kartika, D., D., E. V. Y., dan Lestari, P. (2012). Sintesis ZnO-TiO₂/ZAH dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Tekstil. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 222–227.
- Andini, V. M., A., I. M., dan Witasari, Y. (2015). Studi Persebaran *Total Suspended Solid* (TSS) Menggunakan Citra Aqua Modis di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Geoid*, 10(2), 204–213.
- Anggraini, P. D. (2019). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Batik dengan Menggunakan Metode Fotokatalis TiO₂-Karbon Aktif Tempurung Kelapa*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Astuti, F. (2018). *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 2(1), 19–24.
- Chua, J., Banua, J. M., Arcilla, I., Orbecido, A., de Castro, M. E., Ledesma, N., Deocarís, C., Madrazo, C., and Belo, L. (2019). Phytoremediation Potential and Copper Uptake Kinetics of Philippine Bamboo Species in Copper Contaminated Substrate. *Journal Heliyon*, 5(9), 1–9.
- Danish, M. S. S., Estrella, L. L., Alemáida, I. M. A., Lisin, A., Moiseev, N., Ahmadi, M., Nazari, M., Wali, M., Zaheb, H., and Senjyu, T. (2021). Photocatalytic Applications of Metal Oxides for Sustainable Environmental Remediation. *Metals*, 11(80), 1–25.
- Darmawan, P. R., Wardhani, S., dan Purwonugroho, D. (2013). Pengaruh Penambahan NO₃⁻ Terhadap Degradasi *Methyl Orange* Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Bentonit. *Kimia Student Journal*, 1(1), 140–146.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E., dan Widihati, I. A. G. (2014). Minimalisasi Limbah Tekstil *Methylene Blue* dan *Congo Red* melalui Fotodegradasi Menggunakan Komposisi ZnO-Arang Aktif. *Laporan Akhir Hibah Bersaing*.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E., dan Widihati, I. A. G. (2016). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Methylene Blue* dan *Congo Red* Menggunakan Komposit ZnO-AA dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(1), 133–140.
- Efendi, N. H., dan Sutanto, H. (2014). Pengaruh Temperatur Sintering terhadap

- Sifat Optik Lapisan Tipis *Zinc Oxide* (ZnO) yang Dideposisi di atas Substrat Kaca dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Pewarna *Methylene Blue*. *Youngster Physics Journal*, 3(2), 135–142.
- Fatimah, I., dan Wijaya, K. (2005). Sintesis TiO₂/Zeolit sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267.
- Fauziah, F., dan Karhab, R. S. (2019). Pelatihan Pengolahan Data Menggunakan Aplikasi SPSS Pada Mahasiswa. *Jurnal Pesut: Pengabdian Untuk Kesejahteraan Umat*, 1(2), 129–136.
- Fraditasari, R., Wardhani, S., dan Khunur, M. M. (2015). Degradasi *Methyl Orange* menggunakan Fotokatalis TiO₂-N: Kajian Pengaruh Sinar dan Konsentrasi TiO₂-N. *Kimia Student Journal*, 1(1), 606–6.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., dan Welan, F. J. (2016). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb₂⁺ dan Cd₂⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Konversi*, 5(1), 1–7.
- Hasegawa, M. C., Daniel, J. F. de S., Takashima, K., Batista, G. A., and da Silva, S. M. C. P. (2014). COD Removal and Toxicity Decrease from Tannery Wastewater by Zinc Oxide-Assisted Photocatalysis: a Case Study. *Environmental Technology*, 35(13), 1589–1595.
- Hendrizon, Y., dan Wildian. (2012). Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Zat Cair Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Fototransistor dan Penampil LCD. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1), 6–11.
- Hermawan, P., dan Budianto, A. (2007). Fotodegradasi Zat Pewarna *Methylene Blue* Menggunakan Fotokatalis ZnO. *Berkala Penelitian Teknologi, Sepatu, Dan Produk Kulit*. ISSN 1411-7703.
- Hidayati, B., Sunarno, dan Yenti, S. R. (2013). Studi Kinetika Adsorpsi Logam Cu₂⁺ dengan Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Teraktifasi. *Jurnal Laboratorium Dasar-Dasar Proses Dan Operasi Pabrik*, 1–7.
- Janie, D. N. A. (2012). *Statistik Deskriptif dan Regresi Linier Berganda dengan SPSS*. Semarang University Press.
- Juhra, F., dan Notodarmodjo, S. (2016). Degradasi Zat Warna pada Air Gambut

- Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi dan Fotokatalitik ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 42–51.
- Khaer, A. (2016). Teknologi Terapan Pemanfaatan Limbah Cair Pencucian Kendaraan dengan Metode Koagulasi dan Biofilter Multimedia. *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*, 11(2), 43–51.
- Klingshirn, C. (2007). ZnO: Material, Physics and Applications. *ChemPhysChem*, 8, 782–803.
- Kołodziejczak-Radzimska, A., and Jesionowski, T. (2014). Zinc Oxide—from Synthesis to Application: a Review. *Materials*, 7, 2833–2881.
- Kusumawardani, Y., Subekti, S., dan Soehartono. (2019). Potensi dan Pengaruh Batang Pisang Sebagai Media Filter pada Pengolahan Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(3), 196–204.
- Leksono, V. A. (2012). *Pengolahan Zat Warna Tekstil Rhodamine B Menggunakan Bentonit Terpilair Titanium Dioksida (TiO₂)*. Universitas Airlangga.
- Lumaela, A. K., Otok, B. W., dan Sutikno. (2013). Pemodelan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode *Mixed Geographically Weighted Regression*. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2(1), D100–D105.
- Morkoç, H., dan Özgür, Ü. (2008). *Zinc Oxide: Fundamentals, Materials and Device Technology*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Mukaromah, A. H., dan Irawan, B. (2008). Pemanfaatan Reaktor Membran Fotokatalitik dalam Mendegradasi Fenol dengan Katalis TiO₂ dengan Adanya Ion Mukaromah, A. H., dan Irawan, B. (2008). Pemanfaatan Reaktor Membran Fotokatalitik dalam Mendegradasi Fenol dengan Katalis TiO₂ dengan Adanya Ion Logam. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- Mulyono, H. (2007). *Studi Kinetika Degradasi Paraquat (Ion 1,1'- dimetil-4,4'-bipiridiondiklorida) dalam Lingkungan Tanah Persawahan Boyolali Jawa Tengah*. Universitas Negeri Semarang.
- Mustafa, D. (2013). Dampak Kimia Usaha Pencucian Kendaraan Bermotor.

- Prosiding Nasional Matematika, Sains, Dan Teknologi*, 4, 8–14.
- Pangajow, S. E. M., Wuntu, A. D., dan Sangi, M. S. (2019). Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* Menggunakan Komposit $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}/\text{HAP}$ Tulang Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*). *Chem. Prog.*, 12(2), 93–95.
- Permata, D. G., Diantariani, N. P., dan Widihati, I. A. G. (2016). Degradasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis ZnO dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(2), 263–269.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun (2014). "Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen, dan Produk-Produk Minyak Nabati". *Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun (2016). "Baku Mutu Air Limbah Domestik". *Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*.
- Putro, R. K. H., Setiawawn, Y. A., dan Rachmanto, T. A. (2019). Degradasi Surfaktan (*Linear Alkyl Benzene*) pada Limbah Laundry dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 25–30.
- Qodri, A. A. (2011). *Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$* . Sebelas Maret University.
- Rambe, S. M. (2015). Penentuan Model Kinetika Reaksi Hidrolisis pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan *Anaerobic Baffle Reactor*. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(2), 77–84.
- Rusdi, dan Wardalia. (2016). Pengolahan Limbah Jasa Pencucian Kendaraan dengan Metode Koagulasi-Flokulasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 1–5.
- Santi, S. S. (2009). Penurunan Konsentrasi *Surfactan* pada Limbah Detergen dengan Proses Fotokatalitik Sinar UV. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(1), 260–264.
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., dan Suarya, P. (2015). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Congo Red* dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175–182.
- Setiawan, A., dan Situmorang, C. (2017). Uji Beda Pengolahan Air Limbah Hasil

- Buangan Cucian Mobil dan Motor melalui Proses Fisika dengan Menggunakan Media Pasir Silika dan Karbon Aktif. *Jurnal Universitas Satya Negara Indonesia*, 1(1), 11–17.
- Slamet, S., Arbianti, R., dan Marliana, E. (2007). Pengolahan Limbah Cr(VI) dan Fenol Dengan Fotokatalis Serbuk TiO₂ Dan CuO/TiO₂. *Reaktor*, 11(2), 78–85.
- Standar Nasional Indonesia. (2004a). *Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2004b). *Air dan Air Limbah Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter (SNI 06-6989.11-2004)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2005a). *Air dan Air Limbah – Bagian 25 : Cara Uji kekeruhan dengan Nefelometer (SNI 06-6989.25-2005)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2005b). *Air dan Air Limbah – Bagian 31 : Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat (SNI 06-6989.31:2005)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Air dan Air Limbah - Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah (SNI 6989.59:2008)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2009). *Air dan Air Limbah - Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri (SNI 6989.2:2009)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Suryandari, A. S., Mustain, A., Pratama, D. W., dan Maula, I. (2019). Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO₂-Karbon Aktif Terhadap Mutu Air Limbah *Power Plant*. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 3(2), 95–101.
- Sutanto, H, Nurhasanah, I., Hidayanto, E., dan Arifin, Z. (2013). Deposisi Lapisan Tipis Foto Katalis Seng Oksida (ZnO) Berukuran Nano dengan Teknik

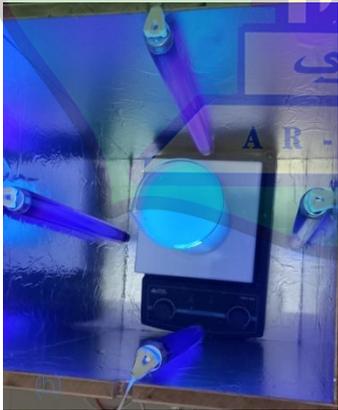
- Penyemprotan dan Aplikasinya untuk Pendegradasi Pewarna *Methylene Blue*. *Jurnal Fisika*, 3(1), 69–75.
- Sutanto, H, dan Wibowo, S. (2015). Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi). *Semarang: Telescope*.
- Sutanto, Heri, Hidayanto, E., Irwanto, M., Romadhon, A., dan Wahyono, Y. (2017). Pengaruh Konsentrasi Doping Nitrogen (N) pada Material Fotokatalis Seng Oksida (ZnO) Terhadap Degradasi Limbah Zat Pewarna Tekstil. *Jurnal Reaktor*, 17(1), 36–42.
- Tarigan, M. S., dan Edward. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Makara Sains*, 7(3), 109–119.
- Trisnawati, N. N. (2019). Fitoremediasi dengan Tanaman Pacing (*Speciosus Cheilocostus*) untuk Menurunkan Kandungan Cr Limbah Cair Laboratorium. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(2), 204–209.
- Tussa'adah, R., dan Astuti. (2015). Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 91–96.
- Usman, M. R. (2013). *Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Dioksida (TiO₂)*. Universitas Jember.
- Vishwakarma, A., and Singh, S. P. (2020). Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticle by Sol-Gel Method and Study its Characterization. *International Journal for Research in Applied Science dan Engineering Technology*, 8(4), 1625–1627.
- Wati, D. M., Hajimi, dan Asmadi. (2016). Desain Pengolahan Air Limbah Pencucian Motor dan Mobil “TM” dengan Metode Biofilter Anaerob-Aerob Menggunakan Media Batu Split. *Sanitarian*, 8(1), 85–94.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. (2006). Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red*. *Teknoin*, 11(3), 199–209.
- Yulianti, C. H. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Kristal Nano ZnO. *Jurnal Teknik*, 4(2), 1–5.
- Zein, S. Z., Yasyifa, L. Y., Ghozi, R. G., Harahap, E., Badruzzaman, F. H., dan Darmawan, D. (2019). Pengolahan dan Analisis Data Kuantitatif

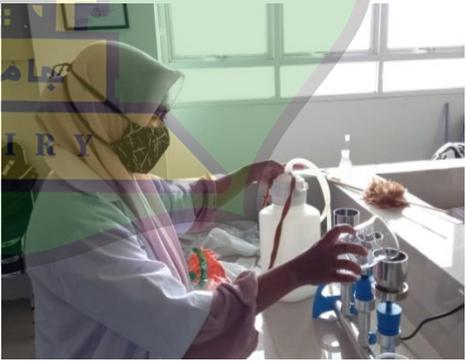
Menggunakan Aplikasi SPSS. *Teknologi Pembelajaran*, 4(2), 1–7.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Tahapan Persiapan Reaktor sampai Pengukuran

	
Persiapan Reaktor Fotokatalis	Reaktor Fotokatalis
	
Lokasi sampel	ZnO
	
Proses Fotodegradasi	Limbah Sebelum Pengolahan

	
<p>Limbah Setelah Pengolahan</p>	<p>Pengukuran pH</p>
	
<p>Reaksi untuk Pengukuran COD</p>	<p>Pemanasan Selama 2 Jam Sebelum Pengukuran COD</p>
	
<p>Pengukuran COD</p>	<p>Proses Vakum Kertas Saring untuk pengukuran TSS</p>



Kertas Saring Dioven Selama 45 Menit



Penimbangan Kertas Saring



Pengukuran Kekeruhan



Pengukuran Kekeruhan

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran 2. Perhitungan TSS

Rumus yang digunakan untuk menghitung TSS yaitu:

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

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

- Air limbah pencucian kendaraan bermotor

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2720 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 596,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2619 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 495,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2583 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 459,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 2 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2562 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 438,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2609 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 485,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2609 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 485,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2544 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 420,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2636 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 512,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2607 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 483,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2497 - 0,2124) \times 1000}{0,1} \\ &= 373,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi

Persentase efektivitas fotodegradasi yang dapat diketahui dengan persamaan:

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

dengan a merupakan konsentrasi awal sebelum dilakukan eksperimen dan b merupakan konsentrasi pencemar setelah dilakukan pengolahan (Trisnawati, 2019).

1. COD

- Waktu kontak 2 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{681,00-315,00}{681,00} \times 100\% \\ &= 53,74\%\end{aligned}$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{681,00-165,00}{681,00} \times 100\% \\ &= 75,77\%\end{aligned}$$

- Waktu kontak 2 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{681,00-66,40}{681,00} \times 100\% \\ &= 90,25\%\end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{681,00-107,20}{681,00} \times 100\% \\ &= 84,26\%\end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{681,00-65,80}{681,00} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 90,34\%$$

- Waktu kontak 3 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{681,00-47,50}{681,00} \times 100\%$$

$$= 93,02\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{681,00-64,40}{681,00} \times 100\%$$

$$= 90,54\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{681,00-33,10}{681,00} \times 100\%$$

$$= 95,14\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{681,00-32,70}{681,00} \times 100\%$$

$$= 95,20\%$$

2. TSS

- Waktu kontak 2 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{596,00-495,00}{596,00} \times 100\%$$

$$= 16,95\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{596,00-459,00}{596,00} \times 100\%$$

$$= 22,99\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-438,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 26,51\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-485,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 18,62\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-485,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 18,62\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-420,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 29,53\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-512,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 14,09\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{596,00-483,00}{596,00} \times 100\% \\ &= 18,96\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{596,00-373,00}{596,00} \times 100\%$$

$$= 37,42\%$$

3. Kekерuhan

- Waktu kontak 2 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{601,00-40,57}{601,00} \times 100\%$$

$$= 93,25\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{601,00-19,97}{601,00} \times 100\%$$

$$= 96,68\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{601,00-14,59}{601,00} \times 100\%$$

$$= 97,57\%$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{601,00-38,87}{601,00} \times 100\%$$

$$= 93,53\%$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{601,00-26,37}{601,00} \times 100\%$$

$$= 95,61\%$$

- Waktu kontak 3 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{601,00-12,26}{601,00} \times 100\%$$

$$= 97,96\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{601,00-11,37}{601,00} \times 100\%$$

$$= 98,11\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{601,00-12,65}{601,00} \times 100\%$$

$$= 97,90\%$$

- Waktu kontak 4 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{601,00-1,42}{601,00} \times 100\%$$

$$= 99,76\%$$

4. Fosfat

- Waktu kontak 2 jam massa 0,5 gram

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

$$= \frac{19,65-7,68}{19,65} \times 100\%$$

$$= 60,92\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 0,75 gram

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

$$= \frac{19,65-9,53}{19,65} \times 100\%$$

$$= 51,50\%$$

- Waktu kontak 2 jam massa 1 gram

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

$$= \frac{19,65-9,03}{19,65} \times 100\%$$

$$= 54,05\%$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-11,41}{19,65} \times 100\% \\ &= 41,93\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-9,88}{19,65} \times 100\% \\ &= 49,72\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-8,03}{19,65} \times 100\% \\ &= 59,13\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-10,37}{19,65} \times 100\% \\ &= 90,54\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 0,75 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-10,82}{19,65} \times 100\% \\ &= 95,14\% \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam massa 1 gram

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{19,65-6,23}{19,65} \times 100\% \\ &= 68,30\% \end{aligned}$$

Lampiran 4. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

1. *Regression* massa dan waktu (jam) terhadap COD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa ^b		. 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	.855 ^a	.731	.642	54.30000

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

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	48137.073	2	24068.537	8.163	.019 ^b
	Residual	17690.942	6	2948.490		
	Total	65828.016	8			

a. *Dependent Variable:* COD

b. *Predictors:* (*Constant*), Waktu Kontak, Massa

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	477.778	95.776		4.988	.002
	Massa	-226.667	88.672	-.541	-2.556	.043
	Waktu Kontak	-69.367	22.168	-.662	-3.129	.020

a. *Dependent Variable:* COD

2. Regression massa dan waktu (jam) terhadap TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa ^b		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	.864 ^a	.746	.661	25.49964

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

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11449.500	2	5724.750	8.804	.016 ^b
	Residual	3901.389	6	650.231		
	Total	15350.889	8			

a. Dependent Variable: TSS

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

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	603.611	44.977		13.420	.000
	Massa	-174.000	41.641	-.860	-4.179	.006
	Waktu Kontak	-4.000	10.410	-.079	-.384	.714

a. Dependent Variable: TSS

3. Regression massa dan waktu (jam) terhadap kekeruhan

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa ^b		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	.877 ^a	.769	.692	7.29002

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

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1063.391	2	531.696	10.005	.012 ^b
	Residual	318.866	6	53.144		
	Total	1382.257	8			

a. *Dependent Variable:* Kekeruhan

b. *Predictors:* (Constant), Waktu Kontak, Massa

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	75.901	12.858		5.903	.001
	Massa	-41.693	11.905	-.687	-3.502	.013
	Waktu Kontak	-8.282	2.976	-.546	-2.783	.032

a. *Dependent Variable:* Kekeruhan

4. Regression massa dan waktu (jam) terhadap fosfat

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak, Massa ^b		Enter

a. *Dependent Variable:* Fosfat

b. *All requested variables entered.*

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.547 ^a	.299	.066	1.60194

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

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.577	2	3.288	1.281	.344 ^b
	Residual	15.397	6	2.566		
	Total	21.974	8			

a. *Dependent Variable:* Fosfat

b. *Predictors:* (Constant), Waktu Kontak, Massa

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	11.715	2.826		4.146	.006
	Massa	-4.113	2.616	-.537	-1.572	.167
	Waktu Kontak	.197	.654	.103	.301	.774

a. *Dependent Variable:* Fosfat

Lampiran 5. Metode Pengukuran Parameter

1. Pengukuran nilai pH

Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.11-2004, alat yang digunakan adalah pH meter. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- f. pH meter dikalibrasi menggunakan larutan penyangga.
- g. pH meter dikeringkan menggunakan kertas tisu, lalu elektroda dibilas menggunakan air suling.
- h. Elektroda dibilas menggunakan sampel.
- i. Elektroda dicelup ke dalam sampel sampai angka pembacaan pada pH meter tetap.
- j. Hasil angka pembacaan dicatat.

2. Pengukuran nilai COD

Pengukuran merujuk pada SNI 6989.2:2009. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- h. Sampel dihomogenkan dengan *digestion solution* dan larutan pereaksi asam sulfat di dalam tabung.
- i. Tabung dimasukkan ke pemanas pada suhu 150°C, dilakukan refluks selama 2 jam.
- j. Tabung didinginkan sampai suhu ruang agar tidak terbentuk endapan.
- k. Suspensi dibiarkan mengendap dan dipastikan bagian yang diukur jernih.
- l. Sampel diukur serapan pada panjang gelombang yang ditentukan.
- m. Kadar COD dihitung berdasar persamaan linear kurva kalibrasi.
- n. Sampel dilakukan analisis duplo.

Nilai COD dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{COD mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{\text{mL contoh uji}}, \quad (1)$$

dengan A merupakan volume larutan FAS yang digunakan untuk blanko (mL), M merupakan molaritas larutan FAS, B merupakan volume dari larutan FAS yang digunakan untuk contoh uji (mL), serta 8000 yaitu berat milliequivalent oksigen x 1000 mL/L.

3. Pengukuran nilai TSS

Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 secara gravimetri. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- k. Peralatan vakum digunakan untuk penyaringan. Saringan dibasahkan dengan air suling.
- l. Sampel diaduk dengan pengaduk magnetik sampai homogen.
- m. Sampel dipipet sampai volume tertentu.
- n. Kertas saring atau saringan dicuci dengan 3 x 10 mL air suling, kertas saring dibiarkan mengering.
- o. Sampel disaring menggunakan vakum selama 3 menit.
- p. Kertas saring dipindahkan ke wadah timbangan aluminium sebagai penyangga. Cawan Gooch dipindahkan dari rangkaian alat.
- q. Kertas saring dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 103°C sampai 105°C.
- r. Kertas saring didinginkan di dalam desikator.
- s. Kertas saring ditimbang.
- t. Tahapan pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulang sampai berat konstan.

Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$\text{TSS mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \quad (2)$$

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

4. Pengukuran tingkat kekeruhan

Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 menggunakan nefelometer. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- e. Tabung nefelometer dicuci menggunakan air suling.
- f. Sampel dikocok dan dimasukkan ke dalam tabung nefelometer. Tutup nefelometer dipasang.
- g. Alat dibiarkan sampai menunjukkan angka pembacaan stabil.
- h. Nilai kekeruhan sampel dicatat.

Tingkat kekeruhan dari sampel dapat dihitung dengan persamaan 3.

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp, \quad (3)$$

dengan A merupakan kekeruhan dalam NTU dan fp merupakan faktor pengenceran.

5. Pengukuran kandungan fosfat

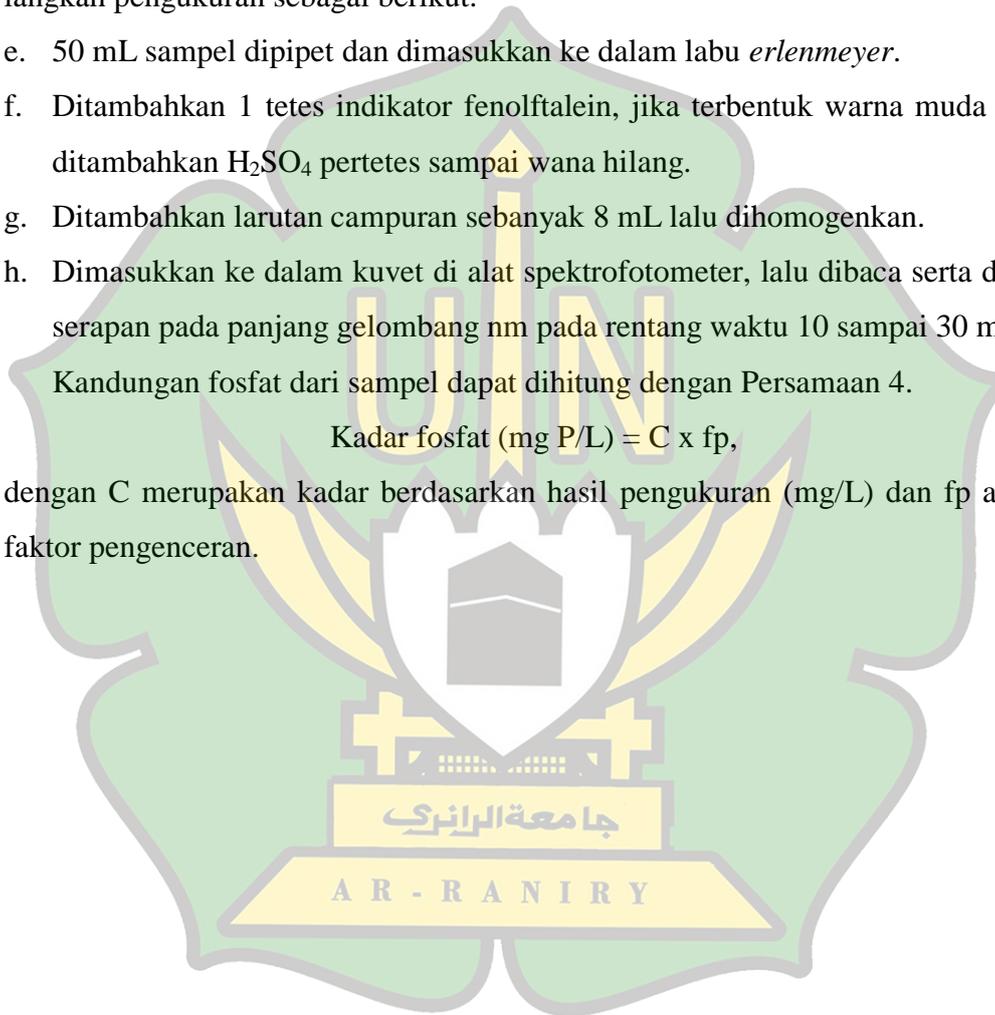
Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.31:2005. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- e. 50 mL sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam labu *erlenmeyer*.
- f. Ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalein, jika terbentuk warna muda maka ditambahkan H_2SO_4 pertetes sampai wana hilang.
- g. Ditambahkan larutan campuran sebanyak 8 mL lalu dihomogenkan.
- h. Dimasukkan ke dalam kuvet di alat spektrofotometer, lalu dibaca serta dicatat serapan pada panjang gelombang nm pada rentang waktu 10 sampai 30 menit.

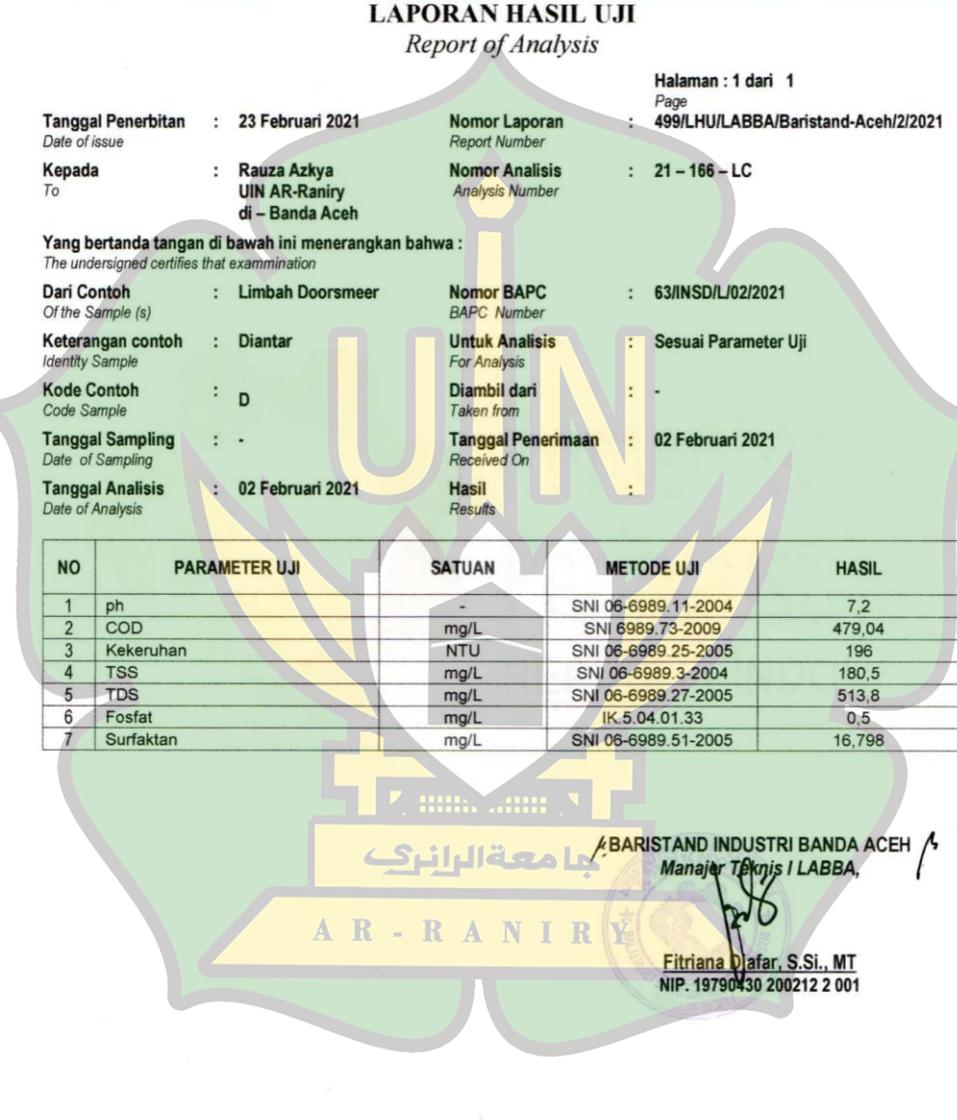
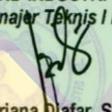
Kandungan fosfat dari sampel dapat dihitung dengan Persamaan 4.

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times fp, \quad (4)$$

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



Lampiran 6. Uji Pendahuluan

		BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA) <small>Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0615) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642 E-mail: brs_bna@yahoo.com Website: http://baristandaceh.kemenperin.go.id</small>			
LAPORAN HASIL UJI <i>Report of Analysis</i>					
Halaman : 1 dari 1 Page					
Tanggal Penerbitan : 23 Februari 2021 <i>Date of issue</i>		Nomor Laporan : 499/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/2/2021 <i>Report Number</i>			
Kepada : Rauza Azkya <i>To</i> UIN AR-Raniry di – Banda Aceh		Nomor Analisis : 21 – 166 – LC <i>Analysis Number</i>			
Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa : <i>The undersigned certifies that examination</i>					
Dari Contoh : Limbah Doorsmeer <i>Of the Sample (s)</i>		Nomor BAPC : 63/INSD/L/02/2021 <i>BAPC Number</i>			
Keterangan contoh : Diantar <i>Identify Sample</i>		Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji <i>For Analysis</i>			
Kode Contoh : D <i>Code Sample</i>		Diambil dari : - <i>Taken from</i>			
Tanggal Sampling : - <i>Date of Sampling</i>		Tanggal Penerimaan : 02 Februari 2021 <i>Received On</i>			
Tanggal Analisis : 02 Februari 2021 <i>Date of Analysis</i>		Hasil : <i>Results</i>			
NO	PARAMETER UJI	SATUAN	METODE UJI	HASIL	
1	ph	-	SNI 06-6989.11-2004	7,2	
2	COD	mg/L	SNI 6989.73-2009	479,04	
3	Kekeruhan	NTU	SNI 06-6989.25-2005	196	
4	TSS	mg/L	SNI 06-6989.3-2004	180,5	
5	TDS	mg/L	SNI 06-6989.27-2005	513,8	
6	Fosfat	mg/L	IK 5.04.01.33	0,5	
7	Surfaktan	mg/L	SNI 06-6989.51-2005	16,798	
					
BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH <i>Manajer Teknis I LABBA,</i>  Fitriana Dafar, S.Si., MT NIP. 19790430 200212 2 001					
F. 5.10.01.02 Terbit/Revisi : 3/4					

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

Lampiran 7. Hasil Uji Fosfat



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

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 106/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Rauza Azkya
Alamat Pelanggan : Limpok Darussalam-Banda Aceh
Tanggal di Terima : 21 Juni 2021
Jenis Contoh Uji : Limbah Doorsmer
Tanggal di Analisa : 22 Juni 2021
Parameter Analisa : Fosfat (PO_4)
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran X Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Limbah pencucian kendaraan bermotor	mg/l	2	19,650	
2.	2 Jam 0,5 gram	mg/l	2	7,681	
3.	2 jam 0,75 gram	mg/l	2	9,532	
4.	2 jam 1 gram	mg/l	2	9,030	
5.	3 jam 0,5 gram	mg/l	2	11,414	
6.	3 jam 0,75 gram	mg/l	2	9,883	
7.	3 jam 1 gram	mg/l	2	8,035	
8.	4 jam 0,5 gram	mg/l	2	10,370	
9.	4 jam 0,75 gram	mg/l	2	10,825	
10.	4 jam 1 gram	mg/l	2	6,230	

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
Banda Aceh
Nama: Muhammad S.T., M.Eng.
NIK: 196801151998021001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran 8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan perkiraan biaya yang akan dihabiskan saat penelitian dilakukan.

No.	Tahapan Penelitian	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Uji Pendahuluan			
	a. pH	1 sampel	15.000	15.000
	b. COD	1 sampel	105.000	105.000
	c. TSS	1 sampel	30.000	30.000
	d. TDS	1 sampel	30.000	30.000
	e. Kekeruhan	1 sampel	30.000	30.000
	f. Surfaktan	1 sampel	60.000	60.000
	g. Fosfat	1 sampel	30.000	30.000
	Jumlah		Diskon 22%	234.000
2.	ZnO	100 gram	20.000	20.000
	Jumlah			20.000
3.	Pembuatan Reaktor			
	a. Reaktor triplek		300.000	300.000
	b. Foil aluminium		25.000	25.000
	c. Lampu UV A	4 lampu	65.000	260.000
	d. <i>Beaker glass</i> 1 L	1 buah		
	e. <i>Magnetic stirrer</i>	1 unit		
	Jumlah			585.000
4.	Pengujian Setelah Eksperimen			
	a. COD			
	H ₂ SO ₄	35 mL		66.000
	b. TSS			
	Kertas saring n0. 42	10 lembar		38.000
	c. Fosfat	10 sampel	30.000	300.000
	Jumlah			404.000
	Total (1+2+3+4)			1.243.000