TUGAS AKHIR - SF 184801

RANCANG BANGUN PIRANTI "VALITIOZ": KONSERVASI LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGOLAHAN UDANG MENGGUNAKAN TiO_2

LUTHFIA CUCU AMINAH
NRP 01111640000028

Dosen Pembimbing
Dr. Gatut Yudoyono, M.T
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR - SF 184801

RANCANG BANGUN PIRANTI "VALITIOZ": KONSERVASI LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGOLAHAN UDANG MENGGUNAKAN TiO_2

LUTHFIA CUCU AMINAH
NRP 01111640000028

Dosen Pembimbing
Dr. Gatut Yudoyono, M.T
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

FINAL PROJECT – SF 184801

"VALITIOZ" DESIGN: CONSERVATION OF SHRIMP LIQUID WASTE INDUSTRY USING TiO_2

LUTHFIA CUCU AMINAH
NRP 01111640000028

Supervisor
Dr. Gatut Yudoyono, M.T
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Physics Department
Faculty of Science and Data Anlytics
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PIRANTI "VALITIOZ": KONSERVASI LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGOLAHAN UDANG MENGGUNAKAN TiO_2

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Lulus Tugas Akhir
pada
Bidang Studi Optoelektronika
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
LUTHFIA CUCU AMINAH
NRP. 01111640000028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Gatut Yudoyono, M.T (.....)
NIP. 19640616 198903 1 004

Drs. Bachtera Indarto, M.Si (.....)
NIP. 19610404 199102 1 001

Surabaya, 13 Januari 2020

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
DEPARTEMEN FISIKA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RANCANG BANGUN PIRANTI "VALITIOZ": KONSERVASI LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGOLAHAN UDANG MENGGUNAKAN TiO_2

Nama : **Luthfia Cucu Aminah**
NRP : **01111640000028**
Jurusan : **Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS**
Pembimbing : **1. Dr. Gatut Yudoyono, M.T**
2. Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Piranti "VALITIOZ": Konservasi Limbah Cair Industri Pengolahan Udang Menggunakan TiO_2." Tujuan dari penelitian ini adalah (1) membuat rancang bangun "VALITIOZ" untuk degradasi limbah udang, (2) membandingkan pengaruh jumlah lampu sinar ultraviolet terhadap degradasi absorbansi limbah udang, dan (3) menyelidiki pengaruh tipe reservoir *batch* dan *flow* terhadap degradasi absorbansi limbah udang. Metodologi dalam penelitian ini adalah merancang piranti "VALITIOZ", membuat sampel fotokatalisis (TiO_2 dan bahan perekatnya) pada substrat (kain nilon), mengoperasikan polutan (limbah cair udang) pada piranti "VALITIOZ", pengujian polutan, serta analisis hasil uji polutan. Penelitian yang telah dilakukan memperoleh hasil sesuai tujuan, yaitu: (1) telah dibuat rancang bangun piranti "VALITIOZ" yang memiliki reservoir (wadah air) sebanyak dua buah dan pilihan substrat terbaik adalah nilon. Rancang bangun ini mampu melakukan degradasi limbah cair udang dengan baik, (2) degradasi limbah cair udang tertinggi adalah pada penggunaan empat lampu TL UV, dan (3) reservoir tipe *batch* baik untuk mendegradasi senyawa organik dan polutan, sedangkan reservoir tipe *flow* lebih baik untuk mendegradasi aroma.

Kata kunci: Limbah Cair Industri Udang, Rancang Bangun, Sinar Ultraviolet, TiO_2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

"VALITIOZ" DESIGN: CONSERVATION OF INDUSTRY SHRIMP LIQUID WASTE USING TiO_2

Name : **Luthfia Cucu Aminah**
NRP : **01111640000028**
Department : **Physics, Faculty of Sience and Data Analytics, ITS**
Advisor : **1. Dr. Gatut Yudhoyono, M.T**
2. Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Abstract

Has been done the research which has title of "VALITIOZ" Tool Design: Conservation of Shrimp Liquid Waste Industry Using TiO2. This research has purposes, there are: (1) desgin "VALITIOZ" for shrimp waste degradation, (2) compare the effect of ultaviolet light amount on shrimp waste absorbance degradation, and (3) investigated the effect of batch and flow reservoir types on shrimp waste degradation. The methodology in this research are designing "VALITIOZ" device, making photocatalysis samples (TiO2 and adhesives) on the substrate (nylon fabric), operating pollutants (shrimp liquid waste) on "VALITIOZ" device, testing pollutants, and analyzing the results of pollutant tests. The research that has been done getting results which same with purposes, which are: (1) there is has been made design of "VALITIOZ" device which has two reservoirs and the best substrate choice is nylon. This design is able to degrade shrimp liquid waste well, (2) the highest degradation of shrimp liquid waste is on the use of four TL UV lamps, and (3) batch type reservoir well to degrade organic compounds and pollutants, while flow type reservoir is better to degrade the aroma.

Keywords: Device Design, Industri Shrimp Liquid Waste, TiO_2, Ultraviolet Ray

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya berupa kesehatan, kesempatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Piranti "VALITIOZ": Konservasi Limbah Cair Industri Pengolahan Udang Menggunakan TiO_2." Penyelesaian penyusunan Tugas Akhir tentunya tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan paritsipasi semua pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada nama-nama berikut.

1. Bapak Gatut Yudhoyono dan Bachtera Indarto selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen dan karyawan Departemen Fisika ITS yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama penulis duduk di bangku kuliah.
3. Bapak Ghofar selaku laboran dari Laboratorium Optoelektronika ITS yang telah sabar memberikan bantuan dan kesempatan untuk menggunakan fasilitas laboratorium.
4. Keluarga, rekan kerja, dan teman-teman yang telah memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, seperti pepatah mengatakan, "tiada gading yang tak retak." Karena itu, penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun. Penulis juga berharap Tugas Akhir ini dapat bermafaat bagi para pembaca dan peneliti selanjutnya.

29 Januari 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
TITLE PAGE ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Manfaat 2
1.5. Batasan Masalah 3
1.6. Sistematika Penulisan 3

BAB II DASAR TEORI
2.1. Limbah Udang 5
2.2. Titanium Dioxide dan Pelarutnya 6
2.2.1. Titanium Dioxide 6
2.2.2. Fotokatalisis TiO_2 6
2.2.3. Fotodegradasi 8
2.2.4. Mekanisme Anti-Mikroorganisme 8
2.2.5. *Polyethylene Glycol* 10
2.2.6. Resin dan *Hardener* 10
2.3. Sinar Ultraviolet 11
2.4. Rancang Bangun 11
2.4.1. Debit Air 11
2.4.2. Bejana Berhubungan 11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan 13
3.2. Diagram Alir Penelitian 13

3.3. Peralatan dan Bahan 14
3.3.1. Alat Pembuatan Piranti “VALITIOZ” 14
3.3.2. Bahan Pembuatan Piranti “VALITIOZ” 15
3.3.3. Alat Pembuatan Sampel Fotokatalisis 15
3.3.4. Bahan Pembuatan Sampel Fotokatalisis 16
3.3.5. Alat dan Bahan Pendukung 16
3.4. Langkah Kerja 16
3.4.1. Studi Literatur 16
3.4.2. Rancang Bangun Piranti “VALITIOZ” 17
3.4.3. Pembuatan Sampel Fotokatalisis 17
3.4.4. Pembuatan Polutan Limbah Udang 17
3.4.5. Proses Pengoperasian Fotokatalisis pada Reaktor . 17
3.4.6. Uji Limbah Udang Menggunakan UV-Vis 20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Rancang Bangun “VALITIOZ” untuk Degradasi Limbah Cair Udang 21
4.1.1. Rancangan Piranti “VALITIOZ” 21
4.1.2. Pemilihan Jenis Substrat yang Digunakan 23
4.2. Pengaruh Degradsai Limbah Udang terhadap Jumlah Lampu Ultraviolet 27
4.2.1. Absorbansi Limbah Udang pada Variasi Jumlah UV 27
4.2.2. Degradasi Warna Limbah Udang terhadap Jumlah Lampu Ultraviolet 30
4.3. Pengaruh Reservoir Tipe *Batch* dan Tipe *Flow* pada Degradasi Limbah Udang 31

BAB V KESIMPULAN
5.1. Kesimpulan 35
5.2. Saran 35

DAFTAR PUSTAKA 37
LAMPIRAN 41
BIODATA PENULIS 43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme fotokatalisis 7
Gambar 2.2 Mekanisme anti-mikroorganisme 9
Gambar 2.3 Bejana berhubungan 12
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 14
Gambar 3.2 Sampel fotokatalisis dalam reservoir I 18
Gambar 3.3 Peletakan lampu berdasarkan jumlah lampu ... 19
Gambar 3.4 Tipe reservoir berdasarkan variasinya 19
Gambar 4.1 Rancang bangun piranti “VALITIOZ” utuh 21
Gambar 4.2 Isi ruang 1 pada piranti “VALITIOZ” 22
Gambar 4.3 Berbagai jenis substrat 23
Gambar 4.4 Warna polutan hasil fotokatalisis pada berbagai jenis substrat 24
Gambar 4.5 Absorbansi limbah cair udang setelah fotokatalisis selama 24 jam 24
Gambar 4.6 Absorbansi limbah cair udang setelah 4 hari didiamkan 25
Gambar 4.7 Kenaikan absorbansi setelah 4 hari didiamkan 26
Gambar 4.8 Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada satu lampu UV..... 28
Gambar 4.9 Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada dua lampu UV 28
Gambar 4.10 Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada tiga lampu UV 29
Gambar 4.11 Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada empat lampu UV . 29
Gambar 4.12 Absorbansi terhadap waktu berdasarkan jumlah lampu TL UV 30
Gambar 4.13 Penurunan absorbansi terhadap waktu berdasarkan jumlah lampu TL UV 30
Gambar 4.14 Absorbansi sampel polutan limbah cair udang 32
Gambar 4.15 Hasil pengamatan sampel polutan menggunakan mikroskop 33

Perubahan warna pada limbah udang 41
Hasil degradasi limbah udang terhadap variasi substrat 41

DAFTAR TABEL

Gambar 2.1 Kandungan udang 5

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan Pusat Statistik mencatat volume produksi udang nasional pada tahun 2013-2018 terus meningkat. Akhir tahun 2018 saja, ekspor udang telah mencapai 180 ribu ton, naik dari 147 ribu ton pada tahun 2017. 34% produksi devisa yang diperoleh sektor perikanan berasal dari ekspor udang. Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki andalan ekspor udang di bidang perikanan (Direktorat Jendral Perikanan Budidaya, 2018; Swastawati, 2008).

Seperti yang telah kita ketahui, limbah udang adalah buangan yang dihasilkan dari proses produksi udang. Limbah seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Tingginya produksi udang di Indonesia tentunya akan menghasilkan limbah yang tinggi pula, mengingat hasil samping produksi udang sekitar 35%-50% dari berat awal. Hal ini tentunya harus diimbangi dengan pengolahan limbah yang dihasilkan agar tidak menibulkan masalah pencemaran lingkungan (Swastawati, 2008).

Dewasa ini, masih banyak industri udang yang melanggar syarat baku pembuangan limbah. Industri ini biasanya menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Pada limbah cair udang, terdapat senyawa organik dan kandungan lainnya yang dapat menimbulkan bau tidak sedap dan warna yang tidak jernih. Semua ini dapat mengakibatkan gangguan estetika lingkungan yang kurang baik bagi makhluk hidup di sekitar daerah aliran buangan limbah (Hidayatullah, 2017).

TiO_2 (Titanium dioksida) merupakan semikonduktor sekaligus katalis yang stabil secara fisis maupun kimiawi, murah, dan *nontoxic*. Fotokatalisis TiO_2, dengan bantuan sinar ultraviolet dapat melakukan pemecahan senyawa. Sehingga diharapkan dapat terjadi degradasi dari warna limbah udang, sekaligus mengurangi aroma tidak sedap yang ada (Shanti, 2017).

Ditinjau dari fakta-fakta di atas, maka perlu dilakukan konservasi air yang menjadi limbah dari proses pencucian udang agar kebersihan air tetap terjaga. Rancang bangun “VALITIOZ” yang memanfaatkan TiO_2 ini diharapkan dapat menjadi alternatif penyelesaian masalah limbah cair industri pengolahan udang, terutama di Indonesia. Sehingga keseimbangan lingkungan dapat tetap terjaga dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan masyarakat maupun makhluk hidup di sekitar kita.

1.1 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang diangkat pada laporan Tugas Akhir ini dipaparkan sebagai berikut.

1. Bagaimana rancang bangun “VALITIOZ” untuk degradasi limbah udang?
2. Bagaimana pengaruh jumlah lampu sinar ultraviolet terhadap degradasi absorbansi limbah udang?
3. Bagaimana pengaruh tipe reservoir *batch* dan *flow* terhadap degradasi absorbansi limbah udang?

1.2 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disusun, maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Membuat rancang bangun “VALITIOZ” untuk degradasi limbah udang.
2. Membandingkan pengaruh jumlah lampu sinar ultraviolet terhadap degradasi absorbansi limbah udang.
3. Menyelidiki pengaruh tipe reservoir *batch* dan *flow* terhadap degradasi limbah udang.

1.3 Manfaat

Penelitian ini memberikan banyak manfaat bagi beberapa pihak, sebagaimana dipaparkan sebagai berikut.

1. Bagi industri pengolahan udang Indonesia

Bagi pemerintah Indonesia, penelitian dapat menjadi alternatif penyaringan limbah cair industri pengolahan udang, sehingga pasokan air bersih tidak tercemar.

2. Bagi masyarakat Indonesia

Bagi masyarakat Indonesia, penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mengolah air tercemar menjadi air bersih sehingga mampu meningkatkan pasokan air bersih untuk sanitasi.

3. Bagi para peneliti

Bagi para peneliti, penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan reaktor fotokatalis TiO_2 sehingga diharapkan dapat ditemukan inovasi-inovasi baru di masa mendatang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah.

1. Limbah cair industri pengolahan udang sebagai objek yang akan diteliti degradasi absorbansinya.
2. Jenis kain sebagai media perekat TiO_2.
3. Lampu ultraviolet sebagai media bantu fotokatalisis yang dapat melakukan degradasi warna limbah.
4. Tipe reservoir yang digunakan adalah *batch* dan *flow* untuk degradasi limbah udang.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan Tugas Akhir ini.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini berisi diagram alir penelitian, alat dan bahan, serta langkah kerja penelitian.

BAB I V : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan data yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan, analisa tentang hasil yang telah diperoleh, dan pembahasan mengenai hubungan hasil penelitian dengan pemodelan yang dilakukan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data dan pembahasan, serta saran-saran yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan identitas referensi yang dijadikan acuan dalam penulisan.

LAMPIRAN

Berisi data-data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

BAB II
DASAR TEORI

2.1. Limbah Udang

Udang merupakan komoditas handal sektor perikanan yang memiliki peningkatan produksi di setiap tahunnya. Produksi udang terbagi atas tiga macam, yaitu (1) udang secara utuh, (2) badan dan ekor, serta (3) dagingnya saja. Pengolahan produksi udang berdasarkan ketiga macam produk tersebut menyebabkan adanya bagian-bagian udang yang terbuang, seperti kepala, ekor, dan kulit. Kandungan udang dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Abun, 2009; Hidayatullah, 2017).

Tabel 2.1 Kandungan udang

Bagian Tubuh Udang	Kandungan	Jumlah	Satuan
Kepala	Protein	51,7	g
	Kalsium (Ca)	367	mg
	Sodium (Na)	2203	mg
Kulit	Protein	57,58	g
	Kalsium (Ca)	2020	mg
	Sodium (Na)	859	mg
Ekor	Protein	7,89	g
	Kalsium (Ca)	18	mg
	Sodium (Na)	316	mg

Sumber: https://fdc.nal.usda.gov/

Tabel 2.1 menunjukkan kandungan udang dari kepala, kulit, dan ekor. Kandungan diukur per 100 gram berat bagian udang yang diteliti. Tabel tersebut menunjukkan bahwa kandungan protein udang sangat tinggi. Protein merupakan zat gizi yang amat penting karena paling erat hubungannya dengan proses-proses kehidupan. Protein adalah sumber asam amino yang memiliki unsur-unsur C, H, O, dan N yang tidak memiliki lemak atau karbohidrat. Fungsi utama protein adalah membentuk jaringan baru dan mempertahankan jaringan yang telah ada, karena protein merupakan materi penyusun dasar dari semua

jaringan tubuh yang dibentuk. Protein dapat mempercepat perkembangbiakan organisme yang menyebabkan warna keruh dan bau pada limbah udang (Abun, 2009; Rawiningtyas, 2013).

Setiap operasi pengolahan industri udang akan menghasilkan cairan yang berasal dari proses pemotongan, pencucian, dan pengolahan udang. Cairan ini mengandung protein dan lemak yang tinggi karena selama proses pengolahan, cairan terlarut dengan tubuh udang. Protein dan lemak akan mengakibatkan nilai nitrat dan amonia yang cukup tinggi. Proses tersebut menyebabkan turunnya kandungan oksigen terlarut dalam air, sehingga dapat menyebabkan kematian bagi organisme di air tersebut. Terjadinya proses oksidasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam air limbah udang pun akan mengakibatkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk (Pamungkas, 2016).

2.2. Titanium Dioxide dan Pelarutnya

2.2.1. *Titanium Dioxide*

Titanium dioksida juga bisa disebut titania atau Titanium (IV) oksida merupakan bentuk oksida dari titanium yang secara kimia dapat dituliskan dengan TiO_2. Senyawa TiO_2 dimanfaatkan secara luas dalam bidang anatas sebagai pigmen, bakterisida, dan fotokatalisis. TiO_2 dapat dihasilkan dari reaksi antara senyawa titanium tetraklorida ($TiCl_4$) dan O_2 yang dilewatkan melalui lorong silika pada suhu 700^0C. Senyawa TiO_2 lebih banyak dimanfaatkan daripada fotokatalisis jenis lainnya karena bersifat amfoter, stabil, tidak tembus cahaya, berwarna putih, tidak beracun, dan harganya relatif murah (Shanti, 2012).

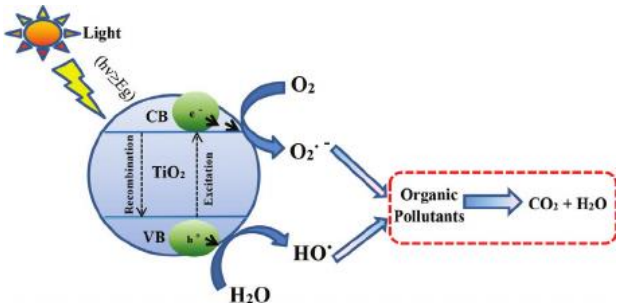
2.2.2. Fotokatalisis TiO_2

Fotokatalis didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat. Pada aplikasinya, fotokatalisis dapat menjadi salah satu metode pengolahan air menjadi air yang layak pakai dengan memanfaatkan energi dari paparan cahaya. Pengolahan air menggunakan metode ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu tidak memerlukan banyak

tahapan karena semua kontaminan yang terkandung dalam air dapat dihilangkan dengan fotokatalisis, serta tidak digunakan bahan-bahan kimia aditif yang dapat menimbulkan produk samping berbahaya bagi tubuh dan lingkungan. Keunggulan yang dimilikinya menjadikan fotokatalisis banyak diteliti dan dikembangkan saat ini (Gunlazuardi, 2000).

TiO_2 sebagai fotokatalisis memiliki 3 jenis struktur kristal, yaitu rutil, anatas dan brukit. Pada proses fotokatalisis, struktur anatas dan rutil cukup stabil, namun struktur anatas lebih banyak digunakan karena lebih aktif dibandingkan rutil. Brukit seringkali dihindari karena cenderung tidak stabil (Gunlazuardi, 2000).

Langkah reaksi pada fotokatalisis TiO_2 merupakan reaksi redoks yang melibatkan pasangan elektron dan hole (e^- dan h^+) di bawah paparan sinar UV. Fenomena fotokatalisis secara umum pada permukaan TiO_2 dapat dijelaskan pada Gambar 2.1 (Gunlazuardi, 2000).



Gambar 2.1 Mekanisme fotokatalis
Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Mechanism-of-photocatalysis_fig1_282948982

Gambar 2.1 menunjukkan proses fotokatalisis pada TiO_2. Jika suatu semikonduktor tipe *n* dikenai cahaya (*hv*) dengan energi yang sesuai, maka elektron e^- pada pita valensi akan mengalami eksitasi ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan e^- dan h^+ akan berekombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam *bulk* partikel. Sebagian lain dari pasangan e^- dan h^+

bertahan sampai pada permukaan semikonduktor yang akhirnya h^+ dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan e^- akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia di sekitar permukaan semikonduktor. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada fotokatalisis.

$TiO_2 + UV \rightarrow e^- + h^+$ (2.1)

$e^- + O_2 \rightarrow O_2$- (2.2)

$h^+ + H_2O \rightarrow OH^-$ (2.3)

$O_2^- + OH^- + \text{polutan} \rightarrow CO_2 + H_2O$ (2.4)

(Nogueira, 1993).

2.2.3. Fotodegradasi

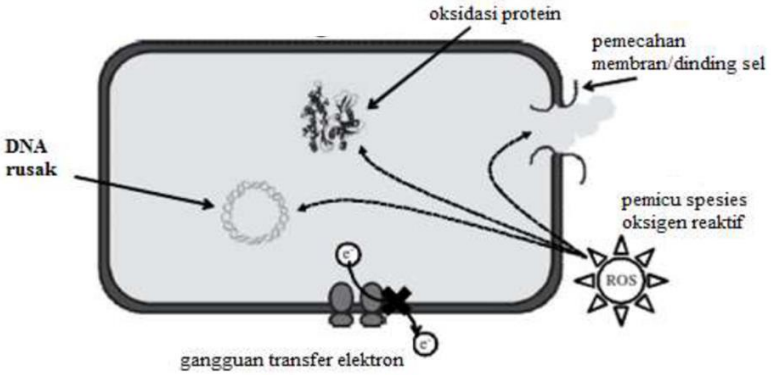
Fotodegradasi adalah reaksi pemecahan senyawa oleh cahaya. Proses fotodegradasi memerlukan suatu fotokatalis yang umumnya merupakan bahan semikonduktor, salah satunya TiO_2. Reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donasi elektron. Potensi oksidasi yang dimiliki oleh h^+ pada pita valensi cukup besar untuk mengoksidasi air pada permukaan partikel, yang kemudian menghasilkan gugus hidroksil. Radikal hidroksil merupakan spesi pengoksidasi kuat dan memiliki potensial redoks sebesar 2,8 Volt. Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi dan menguraikan sebagian besar zat organik menjadi air, asam mineral, dan karbon dioksida (Gunlazuardi, 2001; Nogueira, 1993; Shanti, 2012).

2.2.4. Mekanisme Anti-Mikroorganisme Menggunakan TiO_2

TiO_2 akan berfungsi sebagai fotokatalis ketika diberi sinar UV, karena sinar UV memiliki energi lebih tinggi dari *band gap*nya TiO_2. Energi tersebut akan diserap oleh elektron pada pita valensi, sehingga elektron dapat menyebrangi *band gab* dan tereksitasi ke pita konduksi. Hole akan terbentuk pada pita valensi sebagai akibat dari perpindahan elektron tersebut (Rawingingtyas, 2013).

Elektron pada pita konduksi akan bereaksi dengan oksigen sehingga terbentuklah O_2^-. Di pita valensi, ketika hole memiliki potensi oksidasi yang cukup untuk mengoksidasi air pada permukaan partikel, maka akan dihasilkan $OH^- + H^+$. Hasil

oksidasi dan reduksi tersebut berinteraksi dengan polutan, sehingga terbentuk CO_2 dan H_2O yang dapat diterima lingkungan. Secara fisis, degradasi warna pun dapat terlihat. Mekanisme anti-mikroorganisme terlihat di Gambar 2.2 (Rawiningtyas, 2013).



Gambar 2.2 Mekanisme anti-mikroorganisme
Sumber: Rawiningtyas, 2013

Gambar 2.2 menunjukkan mekanisme anti-mikroorganisme pada fotodegradasi biologis. Kematian sel bakteri disebabkan oleh reaksi oksidasi dari TiO_2. Prosesnya dimulai dengan TiO_2 yang berada pada dinding sel. Kerusakan dinding sel disebabkan oleh reaksi oksidasi pada proses fotokatalisis TiO_2. Permeabilitas dari bakteri tersebut semakin tinggi, sehingga proses fotokatalisis TiO_2 dapat lebih mudah untuk masuk ke dalam, lalu merusak membran sitoplasma, protein dioksidasi, DNA dirusak, dan transfer elektron digagalkan prosesnya. Sel-sel yang masih tersisa di dalamnya tentu tidak akan terlindungi lagi ketika dinding sel sudah habis teroksidasi, sehingga sel-sel akan keluar dan tersebar. Kematian sel juga akan semakin cepat terjadi karena adanya reaksi fotokatalisis pada persinggungan antara sel dengan TiO_2 (Rawiningtyas, 2013).

2.2.5. *Polyethylene Glycol*

Polietilen glikol (PEG) merupakan senyawa sintetis yang banyak digunakan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, dan pertanian. PEG memiliki sifat mudah larut dalam air hangat, tidak beracun, non-korosif, tidak berbau, tidak berwarna, tersebar merata, higoskopik (mudah menguap) dan juga dapat mengikat pigmen, sehingga PEG dapat digunakan sebagai pelapis substrat. Pelapisan substrat sangat penting dilakukan untuk mempertahankan komposisi agar substrat tidak mudah rusak (Nahampun, 2018).

2.2.6. Resin dan *Hardener*

Resin merupakan matrik polimer untuk komposit. Resin berupa cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis, dan harganya relatif terjangkau. Resin banyak digunakan dalam berabagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk materal komposit (Dhien, 2015).

Hardener merupakan bahan untuk menambah kekerasan perekat. Proses pengerasan (polimerisasi) terjadi pada resin dan *hardener* atau resin dengan katalis yang dicampur dalam satu tempat. Sekali terjadi pengerasan, resin tidak bisa mencair lagi meskipun dilakukan pemanasan, sehingga resin memiliki karakteristik mekanik yang baik, daya susut yang rendah, perekat yang bagus untuk bahan logam, tahan terhadap kelembaban udara, dan tahan tekanan (Firmansyah, 2013; Iskandar, 2017).

Pada temperatur transisi gelas, terjadi perubahan sifat mekanik yang signifikan. Suhu yang lebih tinggi dari temperatur gelas menyebabkan struktur molekul dari termoset berubah dari polimer kristal yang keras menjadi polimer lebih fleksibel. Modulus resin juga turun drastis sehingga daya tekan dan kekuatannya berkurang. Ketahanan terhadap air dan stabilitas warna juga berkurang pada saat suhu berada di atas temperatur gelas. Pembuatan nanokomposit dengan cara menyisipkan atau melapisi resin dengan nanopartikel lain, seperti nanopartikel TiO_2 perlu dilakukan (Firmansyah, 2013; Iskandar, 2017).

2.3. Sinar Ultraviolet

Radiasi elektromagnetik berasal dari matahari dan ditransmisikan dalam gelombang atau partikel pada panjang gelombang dan frekuensi yang berbeda. Panjang gelombangnya dikenal sebagai spektrum elektromagnetik (EM). Sinar ultraviolet (UV) memiliki frekuensi sekitar 8×10^{14} sampai 3×10^{16} siklus per detik, dan panjang gelombang sekitar 380 sampai sekitar 400 nm. Sinar UV sendiri umumnya dibagi menjadi tiga sub-*band*, yaitu UV-A atau UV dekat (315-400 nm), UV-B atau UV tengah (280-315 nm), dan UV-C atau UV jauh (180-280 nm) (Lucas, 2017).

Radiasi UV memiliki cukup energi untuk memutus ikatan kimia karena energi yang dimiliki cukup tinggi. Foton UV dapat menyebabkan ionisasi, sebuah proses di mana elektron melepaskan diri dari atom. Ini bisa berguna untuk pengolahan kimiawi, merusak bahan, ataupun merusak jaringan hidup. Kini telah diproduksi beberapa radiasi UV buatan, misalnya lampu TL UV, LED, dan laser (Lucas, 2017).

2.4. Rancang Bangun

2.4.1. Debit Air

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu luasan penampang per satuan waktu. Sistem satuan SI menyatakan besarnya debit dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Nilai debit air sungai dihitung dengan mengggunakan persamaan berikut.

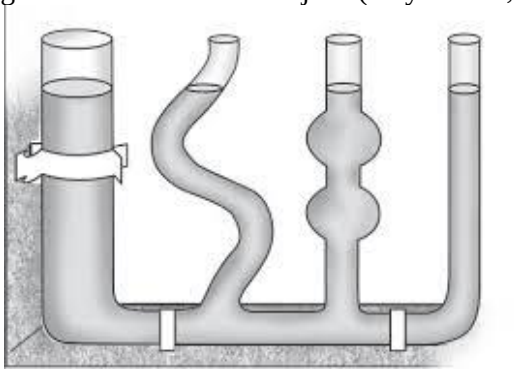
$$Q = A.V \tag{2.5}$$

Q adalah debit air (m^3/detik), A adalah luas penampang sungai (m^2), dan V adalah kecepatan air rata-rata (m/detik) (Badaruddin, 2017).

2.4.2. Bejana Berhubungan

Salah satu sifat zat cair dalam keadaan diam adalah mempunyai permukaan yang datar. Hukum bejana berhubungan membahas mengenai zat cair sejenis dalam bejana yang terhubung, seperti pada Gambar 2.2. Hal yang menyebabkan prinsip bejana berhubungan tidak berlaku dipaparkan berikut.

1. Bejana diisi oleh zat cair yang memiliki massa jenis berbeda.
2. Bejana dalam keadaan tertutup, baik salah satu bejana maupun kedua-duanya.
3. Adanya unsur pipa kapiler pada bejana, yaitu pipa kecil yang memunginkan air menaiki sisi bejana (Setyawarno, 2019).



Gambar 2.3 Bejana berhubungan
Sumber: https://idschool.net/smp/fisika-smp/pengertian-fungsi-dan-rumus-pada-bejana-berhubungan/

Gambar 2.2 menunjukkan bejana berhubungan yang berlaku pada air dengan jenis cairan yang sama. Air tetap akan mengikuti persamaan bejana berhubungan meskipun posisi yang diberikan berbeda. Persamaan bejana berhubungan ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$\rho_1 . g . h_1 = \rho_2 . g . h_2 \tag{2.6}$$

Persamaan 2.6 menyajikan matematis yang berlaku untuk sistem berjana berhubungan. ρ adalah massa jenis zat (kg/m), g adalah gravitas (m/s), dan h adalah kedalaman (m) (Setyawarno, 2019).

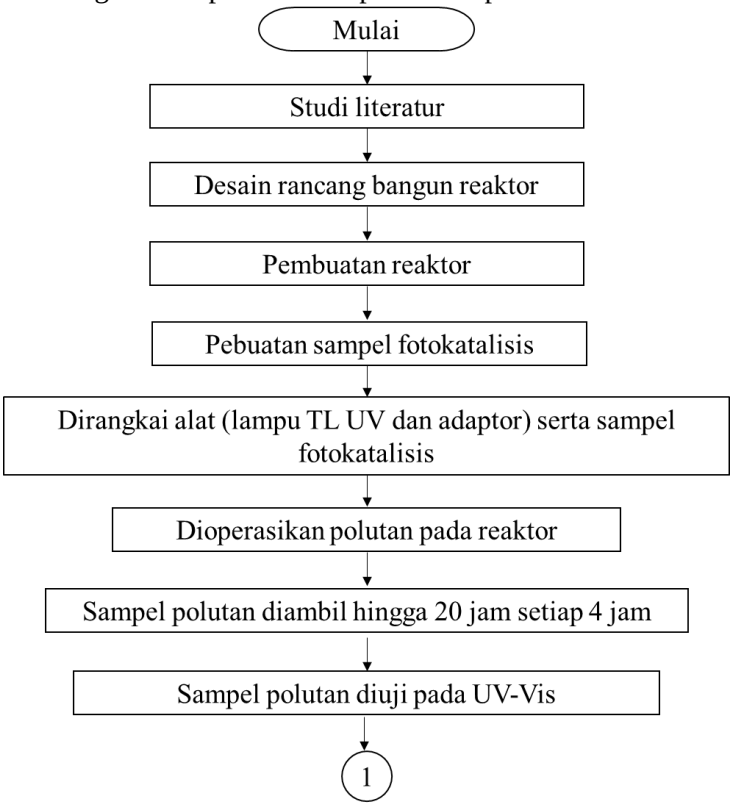
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

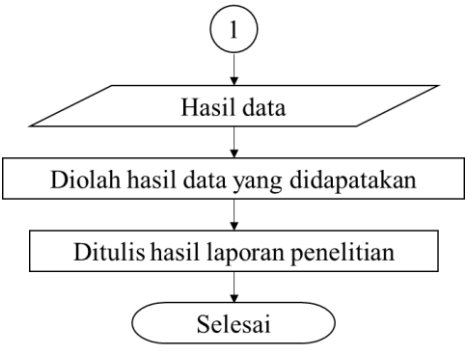
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan Tugas Akhir ini dilakukan selama enam bulan, dari bulan Juni hingga Desember. Tempat pelaksanaan Tugas Akhir berada di Laboratorium Optoelektronika dan Laboratorium Fisika Dasar, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan tahap penelitian, dimulai dari studi literatur dan desain, dibuatnya piranti "VALITIOZ", dibuatnya sampel fotokatalisis, pengoperasian polutan pada piranti "VALITIOZ", diuji sampel polutan pada UV-Vis, pengolahan dan analisis data yang telah didapatkan, serta pembuatan laporan Tugas Akhir.

3.3 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian dipaparkan sebagai berikut.

3.3.1. Alat Pembuatan Piranti VALITIOZ

Peralatan yang digunakan pada pembuatan piranti "VALITIOZ" dipaparkan sebagai berikut.

a. Pompa DC 12 volt 1 buah digunakan sebagai pengendali arah aliran fluida.
b. Gunting sebagai alat pemotong.
c. Travo elektrik 20 watt sebanyak 3 buah sebagai pengaman pada arus AC.
d. Kabel sebagai penghubung antara travo elektik dengan steker listrik, serta pompa dengan adaptor.
e. Penjepit buaya 2 buah sebagai penghubung antara pompa DC dengan kabel.
f. Adaptor output 9V 1 buah sebagai sumber listrik dari pompa DC.

3.3.2. Bahan Pembuatan Piranti VALITIOZ

Bahan yang digunakan pada pembuatan piranti "VALITIOZ" dipaparkan sebagai berikut.

a. Reservoir 2 buah digunakan untuk wadah penampung fluida, masing-masing terbuat dari akrilik 4 cm x 8 cm x 30 cm.
b. Selang diameter 0,8 cm sebagai saluran fluida dari reservoir I ke reservoir II (dapat dilihat pada Gambar 4.4).
c. Dupleks sebagai tempat isolasi reservoir I.
d. Lem G sebagai bahan perekat antara satu bahan dengan bahan lainnya.
e. Lem sealant digunakan untuk lapisan pelindung air agar tidak keluar dari reservoir ataupun selang.
f. Aluminium foil digunakan agar sinar lampu TL UV tidak keluar dari *box* isolasi, sehingga TiO_2 dapat aktif bekerja secara maksimal, dan agar sinar eksternal tidak dapat masuk ke dalam *box* isolasi yang ditakutkan akan berpengaruh terhadap kerja TiO_2.
g. Lampu TL UV 10 watt 3 buah digunakan sebagai bahan utama fotokatalisis.

3.3.3. Alat Pembuatan Sampel Fotokatalisis

Peralatan yang digunakan pada pembuatan sampel fotokatalisis adalah sebagai berikut.

a. *Ultrasonic cleaner* digunakan untuk sterilisasi kain.
b. Neraca digital digunakan untuk timbangan material fotokatalisis.
c. Gelas beaker 100 mL digunakan untuk wadah penampung material fotokatalisis.
d. Biji *stirrer* digunakan sebagai media pelarut (karena dapat berputar sehingga material fotokatalisis dapat tercampur dengan baik).
e. *Magnetic stirrer* digunakan untuk pelarut material fotokatalisis (pemutar biji *stirrer* dalam gelas beaker).
f. Kuas digunakan untuk melapiskan material fotokatalisis pada substrat.

3.3.4. Bahan Pembuatan Sampel Fotokatalisis

Bahan yang digunakan pada pembuatan sampel fotokatalisis adalah sebagai berikut.

a. TiO_2 digunakan untuk bahan utama katalis.
b. Etanol digunakan untuk pelarut material katalisis.
c. Resin digunakan agar TiO_2, etanol, hardener, dan PEG dapat membentuk gel dan mudah direkatkan (bersifat seperti lem) pada substrat.
d. Hardener digunakan agar material fotokatalisis dapat mengeras, sehingga mudah digunakan dalam proses pengoperasian pada piranti "VALITIOZ."
e. PEG digunakan untuk memperluas permukaan pada material fotokatalisis secara nanopartikel.
f. Kassa nilon digunakan sebagai substrat (media direkatkannya material fotokatalisis).

3.3.5. Alat dan Bahan Pendukung

a. Limbah udang sebagai bahan polutan.
b. Corong 1 buah digunakan untuk alat bantu memasukkan polutan ke gelas beaker, dan dari gelas beaker ke reservoir.
c. Saringan 1 buah digunakan untuk media penyaring limbah cair udang dari limbah padat ataupun partikel diskrit.
d. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk pengujian sampel polutan.

3.4. Langkah Kerja

Langkah kerja Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara dipelajari materi penunjang yang berkaitan dengan topik. Materi yang dipelajari adalah limbah udang, TiO_2, bahan-bahan perekat, fotokatalisis menggunakan sinar UV, dan pengujian absorbansi.

3.4.2. Rancang Bangun Piranti VALITIOZ

Pembuatan piranti “VALITIOZ” dilakukan dengan pembuatan desain, perhitungan debit pada pompa DC 12 volt, dipilihnya ukuran selang penyambung antar reservoir sehingga air dapat mengalir dengan baik, dan rancang bangun reaktor dibuat.

3.4.3. Pembuatan Sampel Fotokatalisis

Pembuatan sampel fotokatalisis dilakukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu dilarutkan TiO_2 3 gr, resin 3 gr, PEG 1 gr, *hardener* 1,3 gr, dan etanol 5 ml. Takaran tersebut digunakan untuk menjernihkan 2 liter polutan. Seluruh bahan material fotokatalisis tersebut beserta biji *steerer* dimasukkan pada gelas beaker, lalu di*steer* dengan kecepatan 6 rpm dan panas 50^0C pada *magnetic steerer* selama 1 jam hingga tercampur merata seperti gel. Material fotokatalisis dilapiskan pada substrat dengan bantuan kuas, lalu dibiarkan mongering hingga keras selama kurang lebih 6 jam.

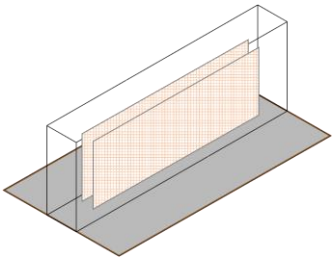
3.4.4. Pembuatan Polutan Limbah Udang

Polutan yang akan dioperasikan pada piranti “VALITIOZ” adalah limbah cair udang. Pembuatan polutan dilakukan dengan memisahkan daging dari udang. Kepala, kulit, dan ekor direndam dengan air selama 1 hari. Air tersebut akan menjadi berwarna dan beraroma tidak sedap, sehingga dapat disebut polutan.

3.4.5. Proses Pengoperasian Fotokatalisis pada Reaktor

Polutan sebanyak 100 mL dimasukkan ke reservoir II pada piranti “VALITIOZ” dengan bantuan corong dan saringan kimia. Aquades sebanyak 400 mL dimasukkan pula melalui reservoir II. Hukum Bejana Berhubungan menyebabkan polutan mengalir dari reservoir II ke reservoir I, sehingga ketinggian polutan pada kedua reservoir sama.

Dua sampel fotokatalisis dimasukkan ke dalam reservoir I. Posisi peletakan sampel fotokatalisis dapat dilihat pada Gambar 3.2.



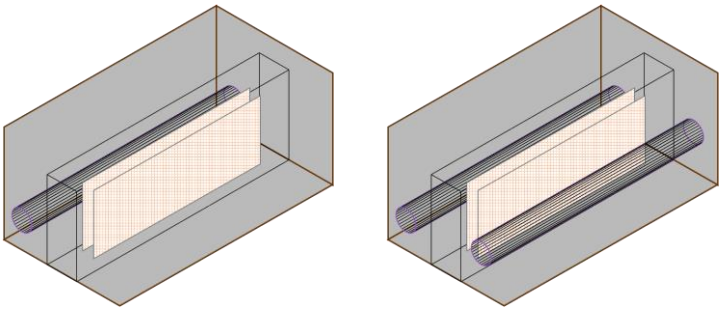
Gambar 3.2 Sampel fotokatalisis dalam reservoir I

Gambar 3.2 menunjukkan sampel fotokatalisis dalam reservoir I. Sampel fotokatalisis berukuran 5 cm x 28 cm diletakkan secara vertikal dan sejajar dengan lampu.

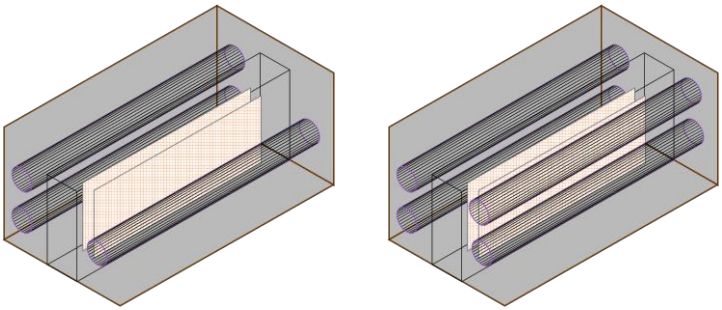
Steker yang terhubung dengan lampu dicolokan ke stopkontak. Adaptor yang terhubung dengan pompa DC 12 Volt dicolokkan ke stopkontak pula. Piranti “VALITIOZ” dinyatakan bekerja.

Variasi pengujian yang dilakukan adalah jenis substrat, jumlah lampu TL UV, dan tipe reservoir. Variasi jenis substrat dilakukan dengan disiapkannya berbagai jenis substrat. Masing-masing jenis substrat dilapiskan material fotokatalisis, lalu dilakukan fotokatalisis pada reservoir tipe *batch* selama 24 jam. Lampu yang digunakan sebanyak 2 buah.

Variasi jumlah lampu menentukan posisi peletakan lampu yang berbeda. Peletakan lampu dapat dilihat pada Gambar 3.3.



(a) (b)

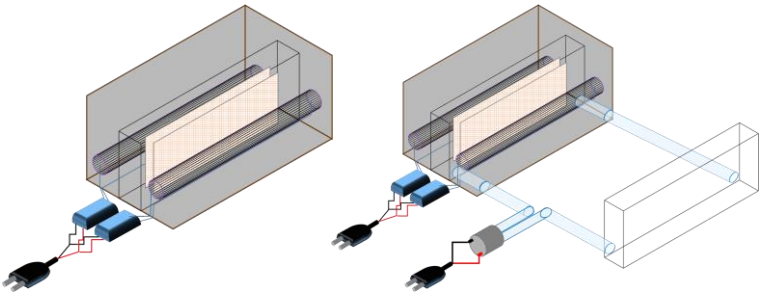


(c) (d)

Gambar 3.3 Peletakan lampu berdasarkan variasi jumlah lampu
(a) 1 lampu, (b) 2 lampu, (c) 3 lampu, (d) 4 lampu

Gambar 3.3 menunjukkan peletakan lampu yang disesuaikan dengan jumlah lampunya. Satu lampu berada di kiri reservoir. Dua lampu: satu lampu berada di kanan dan satu lampu berada di kiri reservoir. Tiga lampu: dua lampu di kiri dan satu lampu di kanan reservoir. Empat lampu: dua lampu di kanan dan dua lampu di kiri reservoir.

Variasi tipe reservoir yang dilakukan pada penelitian ini adalah tipe *batch* dan tipe *flow*. Kedua tipe reservoir dapat dilihat pada Gambar 3.4.



(a) (b)

Gambar 3.4 Tipe reservoir berdasarkan variasinya
(a) Tipe *batch*, (b) Tipe *flow*

Gambar 3.4 menunjukkan kedua tipe reservoir yang memanfaatkan masing-masing dua buah lampu TL UV. Tipe *batch* dilakukan dengan memasukkan polutan ke dalam reservoir I saja. Selang dan pompa tidak berlaku pada tipe *batch*, sehingga polutan hanya direndam di reservoir I tanpa mengalir ke reservoir II. Tipe *flow* dilakukan dengan memanfaatkan pompa untuk mengalirkan polutan dari reservoir II ke reservoir I, lalu kembali ke reservoir II, dan seterusnya. Polutan pada kedua tipe reservoir diberi perlakuan waktu fotokatalisis yang sama, yaitu selama 24 jam.

3.4.6. Uji Limbah Udang Menggunakan UV-Vis

Sampel polutan yang diambil dari piranti "VALITIOZ" diuji menggunakan UV-Vis. Cuvet dan pipet disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol, lalu sampel dimasukkan ke dalam cuvet dengan bantuan pipet. Cuvet dijepit bagian atasnya saja agar tidak meninggalkan bekas sidik jari yang berpengaruh terhadap nilai absorbansi, setelah itu cuvet dimasukkan ke dalam UV-Vis.

Nilai yang dapat diukur oleh UV-Vis adalah absorbansi, transmisi, dan refleksi pada panjang gelombang 350 – 850 nm. Hasil yang didapatkan berupa gambar dan data Excel. Penelitian ini hanya memanfaatkan uji absorbansi. Puncak dari absorbansi tersebut digunakan sebagai acuan kekeruhan sampel polutan. Semakin tinggi puncak, nilai absorbansi semakin tinggi, sumber cahaya yang diserap sampel pun semakin banyak, sehingga polutan dapat dikatakan semakin keruh, dan sebaliknya.

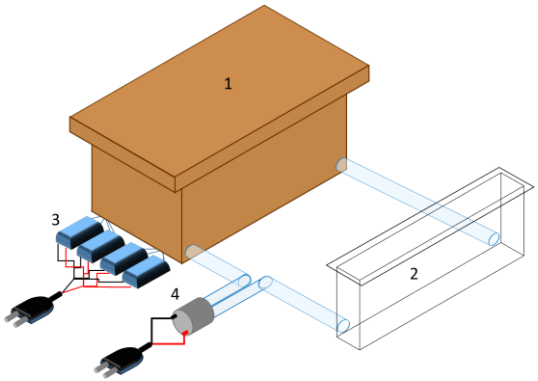
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rancang Bangun “VALITIOZ” untuk Degradasi Limbah Cair Udang

Limbah udang didegradasi melalui proses fotokatalisis. Proses fotokatalisis berlangsung pada piranti “VALITIOZ” sebagaimana dipaparkan di subbab 4.1.1. Jenis substrat yang digunakan untuk sampel fotokatalisis juga mempengaruhi proses fotokatalisis, sehingga penelitian terkait dilakukan, dan hasilnya dipaparkan pada subbab 4.1.2.

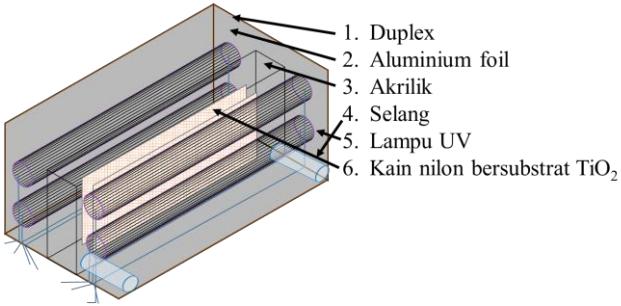
4.1.1. Rancangan Piranti "VALITIOZ"

Rancangan piranti “VALITIOZ” ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rancang bangun piranti “VALITIOZ” secara utuh

Gambar 4.1 menunjukkan rancang bangun piranti “VALITIOZ.” Nomor satu menunjukkan ruang isolasi terbuat dari dupleks yang dapat dibuka dan ditutup. Nomor dua menunjukkan reservoir II. Nomor tiga menunjukkan travo elektrik beserta stekernya. Nomor empat menunjukkan pompa DC beserta adaptor yang siap dihubungkan ke stopkontak. Isi ruang isolasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Isi ruang isolasi pada piranti "VALITIOZ"

Gambar 4.2 menunjukkan isi ruang isolasi yang terbuat dari dupleks. Dupleks berukuran 12 cm x 12 cm x 35 cm. Aluminium foil dilapiskan pada bagian dalam ruang isolasi agar sinar ultraviolet bekerja maksimal dan kerja TiO_2 tidak terpengaruh oleh cahaya eksternal. Ruang isolasi berisikan reservoir I, sampel fotokatalisis, dan lampu TL UV. Dua buah sampel fotokatalisis berukuran 5 cm x 28 cm dimasukkan ke dalam reservoir I yang berukuran 4 cm x 8 cm x 30 cm. Sampel fotokatalisis dipasang sejajar dengan lampu TL UV. Reservoir I, reservoir II, dan pompa DC dihubungkan oleh selang berdiameter 0,8 cm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1.

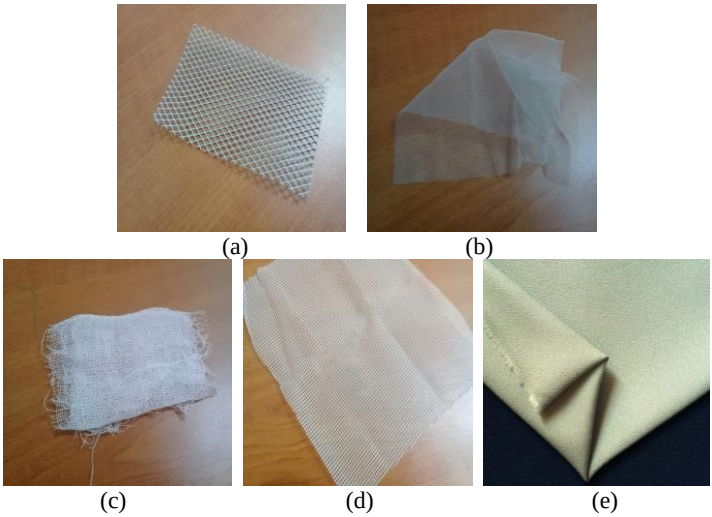
Akrilik adalah jenis bahan yang digunakan kedua reservoir pada piranti "VALITIOZ" karena bersifat transparan atau bening. Akrilik digunakan pada reservoir I agar semua cahaya dari lampu TL UV mampu menembus/menyinari polutan dan mengaktifkan TiO_2 secara maksimal. Akrilik digunakan pada reservoir II agar lebih mudah diamati perubahannya.

Reservoir II merupakan ruang pengambilan sampel polutan pada jam ke-0 hingga ke-20 dengan selang waktu 4 jam. Hal ini dilakukan untuk menghindari gangguan proses fotokatalisis pada ruang isolasi apabila sampel polutan diambil melalui reservoir I.

Piranti "VALITIOZ" dapat bekerja dengan baik. Rancang bangun reaktor tidak memiliki hambatan pada selang, travo, maupun pompanya. Polutan pun dapat didegradasi dengan baik.

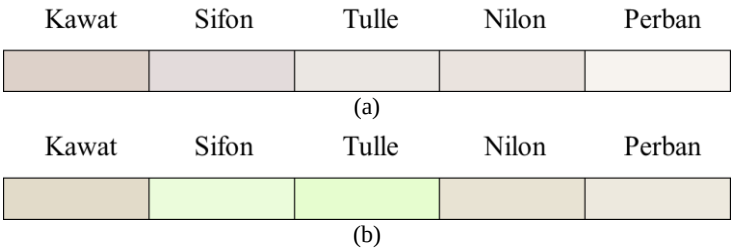
4.1.2. Pemilihan Jenis Substrat yang Digunakan

Sampel fotokatalisis memanfaatkan kain sebagai substrat, yaitu media pelapisan material fotokatalisis. Sampel fotokatalisis perlu dibuat untuk menjaga agar bubuk TiO_2 tidak ikut larut dan menyebabkan endapan pada proses filter air. Endapan dapat menyebabkan aliran terhambat, terutama saat terjadi endapan di selang. Fungsi lain dibuatnya sampel fotokatalisis adalah agar TiO_2 dapat digunakan hingga beberapa kali degradasi. Jenis substrat yang ada ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3. Berbagai jenis substrat (a) kawat, (b) kain tulle, (b) kassa perban, (d) kassa nilon, dan (e) kain sifon

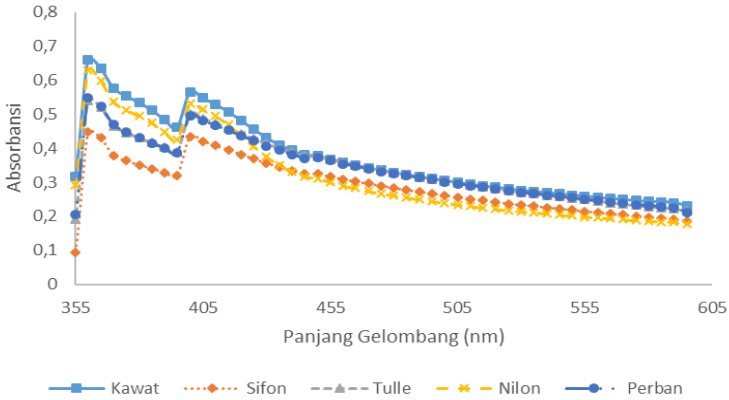
Gambar 4.3 menunjukkan berbagai jenis substrat yang akan diuji untuk menjernihkan polutan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui substrat terbaik yang dapat digunakan sebagai sampel fotoakatalisis. Polutan didegradasi menggunakan kelima jenis substrat. Metode fotokatalisis yang digunakan adalah tipe *batch*, sebagaimana telah dipaparkan pada subbab 3.4.5. Hasil warna polutan setelah mengalami fotokatalisis selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Warna polutan hasil fotokatalisis pada berbagai jenis substrat
(a) Sesaat setelah direaksikan fotokatalisis selama 24 jam,
(b) Perubahan warna sampel setelah didiamkan selama 4 hari

Gambar 4.4 menunjukkan warna polutan yang dihasilkan dari proses fotokatalisis. Jenis substrat yang berbeda menghasilkan warna yang berbeda pula. Hari ke-4 setelah didiamkan pun akan menghasilkan warna yang berbeda berdasarkan masing-masing jenis substratnya. Perubahan warna disebabkan oleh beberapa hal yang dijelaskan setelah Gambar 4.7.

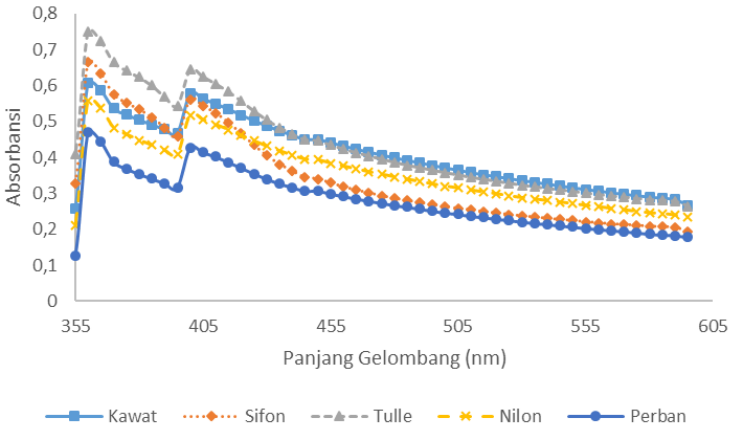
Kemampuan masing-masing jenis substrat untuk degradasi polutan dapat diketahui melalui uji absorbansi menggunakan UV-Vis. Hasil dari uji spektro sesaat setelah fotokatalisis selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Absorbansi limbah cair udang setelah fotokatalisis dilakukan selama 24 jam

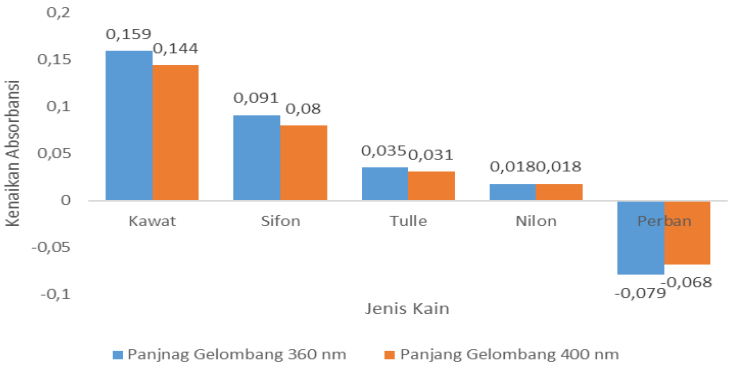
Gambar 4.5 menunjukkan absorbansi polutan berdasarkan masing-masing jenis substrat sesaat setelah dilakukan fotokatalisis selama 24 jam. Jenis substrat dengan absorbansi tertinggi adalah kawat (0,564), sedangkan terendah adalah sifon (0,433).

Polutan yang telah difotokatalisis tersebut didiamkan selama 4 hari di ruang terbuka. Setelah 4 hari, polutan diuji kembali menggunakan UV-Vis. Hasil uji absorbansi kedua dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Absorbansi limbah cair udang setelah 4 hari didiamkan

Gambar 4.6 menunjukkan absorbansi polutan yang didiamkan 4 hari setelah fotokatalisis selama 24 jam. Absorbansi tertinggi adalah pada tulle (0,644), sedangkan terendah adalah pada perban (0,427). Perubahan nilai absorbansi pada masing-masing jenis substrat dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Kenaikan absorbansi setelah 4 hari didiamkan

Gambar 4.7 menunjukkan perubahan nilai absorbansi (dihasilkan dari nilai absorbansi uji kedua dikurangi dengan absorbansi uji pertama) pada polutan berdasarkan masing-masing jenis substrat. Nilai absorbansi berubah dikarenakan adanya perkembangan biologis pada mikroorganisme.

Kawat memiliki diameter terlalu besar sehingga material fotokatalisis yang dapat dilapiskan hanya sedikit. Hal ini menyebabkan polutan yang dapat didegradasi hanya sedikit pula. Mikroorganisme yang belum diurai cukup banyak, sehingga dapat berkembang pesat dalam waktu 4 hari. Kawat juga memiliki sifat yang terlalu kaku dan tajam sehingga berbahaya saat proses pelapisan.

Sifon memiliki jarak antar benang yang sangat rapat, sehingga material fotokatalisis yang dapat dilapiskan cukup banyak. Algometri nanopartikel dan pemborosan material fotokatalisis dapat terjadi pada pelapisan material di substrat yang sangat rapat. Algometri nanopartikel adalah penumpukan material fotokatalisis pada satu lokasi. TiO_2 yang dapat bekerja maksimal hanya pada lapisan terluar, sedangkan yang tertumpuk kurang dapat bekerja secara maksimal, salah satu efeknya adalah pemborosan material fotokatalisis.

Tulle memiliki jarak antar benang yang lebih kecil daripada nilon namun lebih besar daripada sifon. Ukuran tulle cukup ideal untuk pelapisan material fotokatalisis, namun sifatnya yang lentuk dapat mempersulit saat proses pelapisan, penjemuran, serta akan mudah tergeser karena terbawa arus aliran.

Nilon adalah substrat yang paling cocok digunakan sebagai pelapis material fotokatalisis. Nilon memiliki jarak antar benang 0,2 mm. Jarak tersebut dapat memuat banyak material fotokatalisis, tanpa membentuk banyak algometri nanopartikel. Sifat nilon yang tidak terlalu kaku maupun lentuk cukup ideal untuk digunakan pada proses pelapisan, penjemuran, maupun penggunaan dalam piranti "VALITIOZ."

Kassa perban mengalami penurunan absorbansi karena dirancang dengan sangat steril sehingga mampu berfungsi sebagai antibakteri. Kassa perban juga memiliki jarak antar benang cukup baik, namun tidak teratur dan sifat dari kainnya yang terlalu lentuk akan sulit digunakan dalam proses pelapisan dan penjemuran. Kassa perban pada aplikasi tipe *flow* juga tidak dianjurkan karena benang akan ikut terbawa arus, dan dapat mengganggu proses pengoperasian piranti "VALITIOZ."

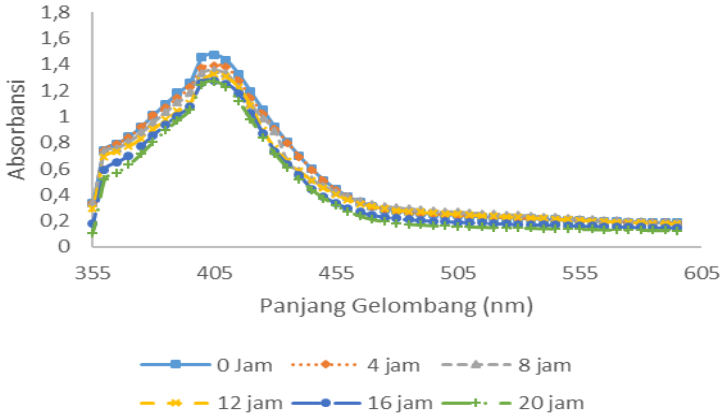
4.2. Pengaruh Jumlah Lampu Ultraviolet terhadap Degradasi Limbah Udang

Sinar ultraviolet menyebabkan TiO_2 dapat bekerja. Sinar ultraviolet dihasilkan salah satunya dari lampu TL UV. Kemampuan degradasi polutan dipengaruhi oleh jumlah lampu TL UV, sehingga penelitian ini menggunakan variasi satu, dua, tiga, dan empat buah lampu TL UV.

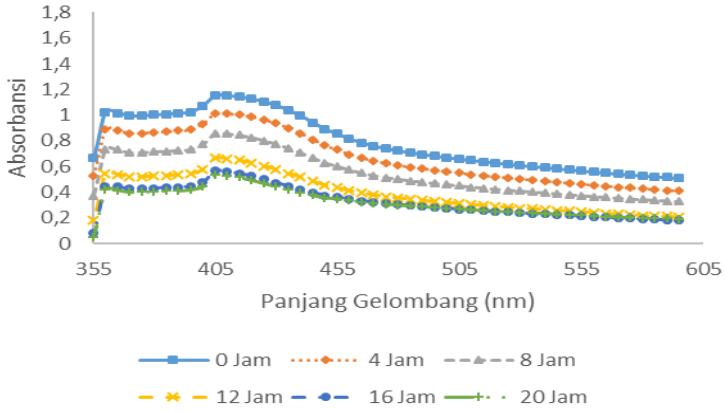
4.2.1. Absorbansi Limbah Udang pada Variasi Jumlah UV

Degradasi polutan dapat diketahui dari perubahan sampel yang semula keruh menjadi lebih jernih. Tingkat kekeruhan polutan dapat diketahui melalui absorbansi pada uji UV-Vis. Sampel polutan didapatkan menggunakan metode yang telah dipaparkan pada subbab 3.4.5.

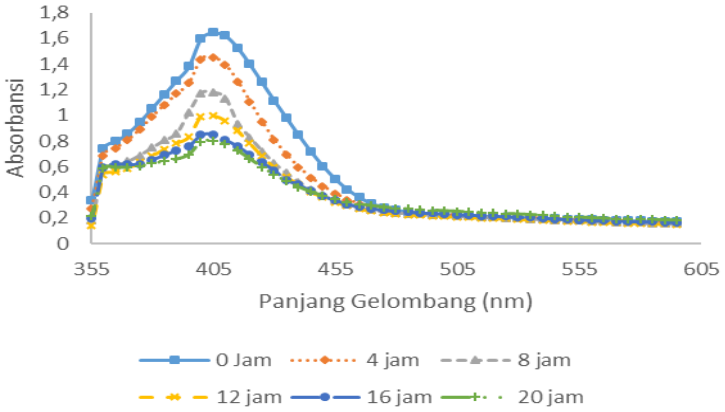
Hasil penjernihan polutan pada piranti "VALITIOZ" menggunakan satu lampu ultraviolet ditunjukkan pada Gambar 4.8, penjernihan menggunakan dua lampu ultraviolet ditunjukkan pada Gambar 4.9, penjernihan menggunakan tiga lampu ultraviolet ditunjukkan pada Gambar 4.10, dan penjernihan menggunakan empat lampu ultraviolet ditunjukkan pada Gambar 4.11.



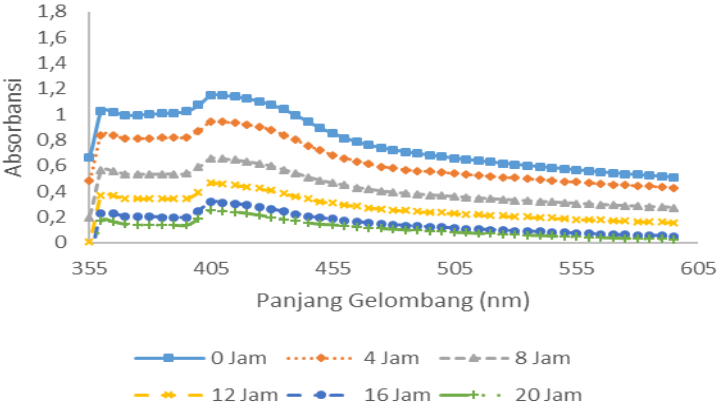
Gambar 4.8. Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada satu lampu ultaviolet



Gambar 4.9. Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada dua lampu ultaviolet



Gambar 4.10. Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada tiga lampu ultaviolet

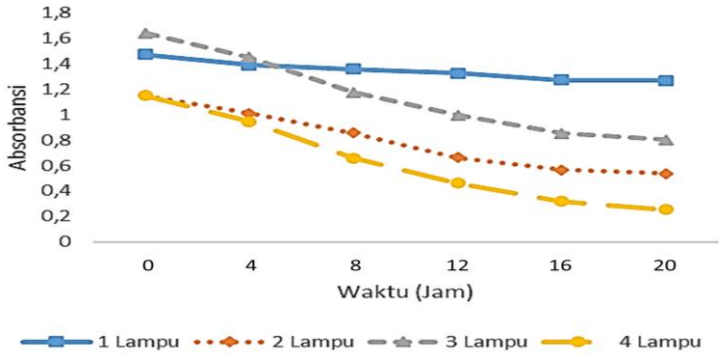


Gambar 4.11. Absorbansi limbah cair udang terhadap panjang gelombang pada empat lampu ultaviolet

Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.12 menunjukkan puncak absorbansi yang selalu terletak pada 405 nm dan selalu turun di setiap pertambahan jamnya. Hal ini membuktikan bahwa TiO_2 dapat aktif bekerja dengan bantuan sinar ultraviolet dalam proses degradasi polutan.

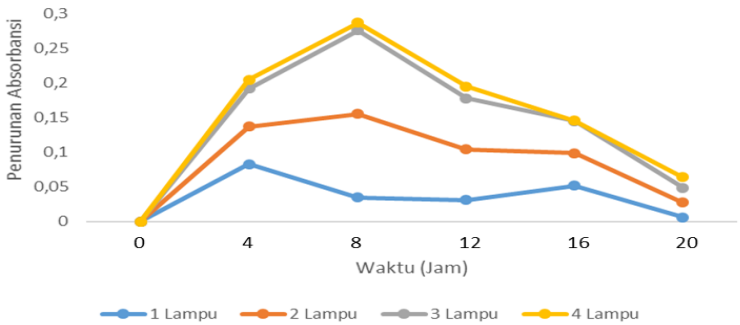
4.2.2. Degradasi Jumlah Lampu Ultraviolet terhadap Warna Limbah Udang

Tingkat kekeruhan dapat diketahui dari puncak grafik absorbansi. Puncak grafik pada polutan limbah cair udang ini ditunjukkan pada panjang gelombang 405 nm. Absorbansi polutan terhadap waktu pada satu, dua, tiga, dan empat lampu TL UV dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Absorbansi terhadap waktu berdasarkan jumlah lampu TL UV

Gambar 4.12 menunjukkan absorbansi terhadap waktu berdasarkan jumlah lampu. Jam ke-0 pada masing-masing jumlah lampu memiliki absorbansi yang berbeda karena sumber polutan berbeda. Penurunan absorbansi ditunjukkan pada Gambar 4.13.



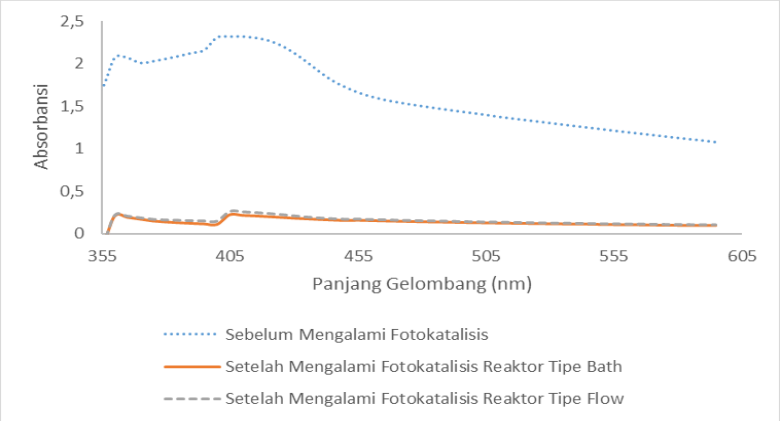
Gambar 4.13. Penurunan absorbansi terhadap waktu berdasarkan jumlah lampu TL UV

Gambar 4.13 menunjukkan penurunan absorbansi yang terjadi pada masing-masing jumlah lampu TL UV. Jumlah lampu TL UV yang semakin banyak mengakibatkan semakin tingginya tingkat energi yang diberikan kepada TiO_2. Hal ini menyebabkan semakin banyak elektron yang mampu bereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, tingkat pemecahan senyawa organik pun akan semakin tinggi, sehingga degradasi atau penurunan absorbansi akan semakin tinggi pula.

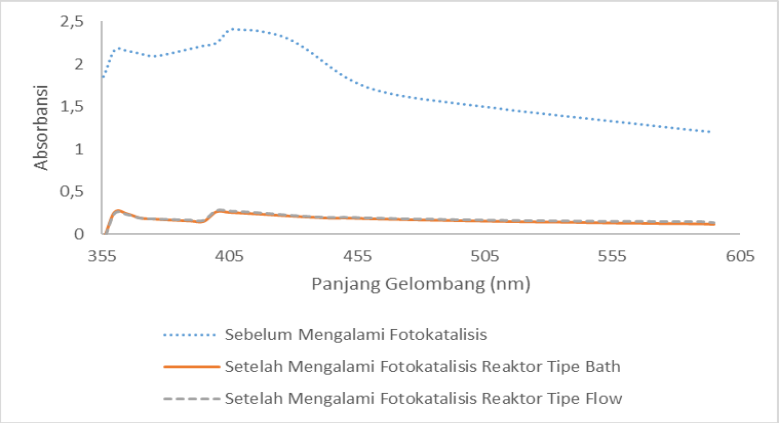
Penurunan absorbansi pada satu, dua, tiga, dan empat lampu masing-masing adalah 0,897, 0,84, 0,5235, dan 0,207. Degradasi polutan pada empat lampu tidak signifikan dari degradasi polutan tiga lampu. Hal ini dikarenakan TiO_2 dengan jumlah yang sama akan segera habis masa kerjanya ketika diberikan energi yang lebih besar, sehingga masa jenuh akan dialami oleh TiO_2, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.12. yang mengalami penurunan sangat drastis pada jam ke 16.

4.3. Pengaruh Reservoir Tipe *Batch* dan Tipe *Flow* pada Degradasi Limbah Udang

Perbedaan terjadi pada degradasi polutan di reservoir tipe *batch* dan tipe *flow*. Absorbansi polutan ditunjukkan pada Gambar 4.14.



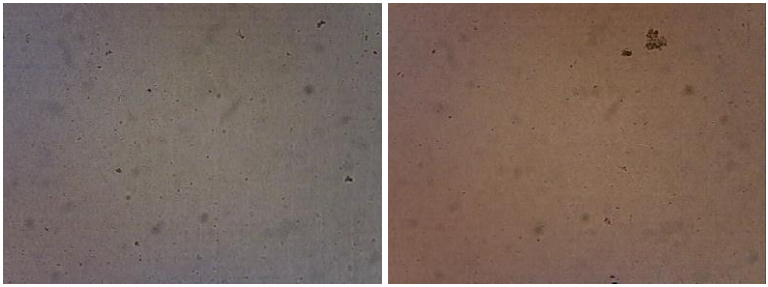
(a)



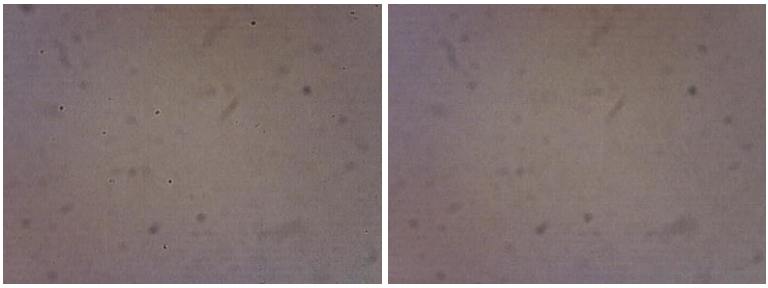
(b)

Gambar 4.14. Absorbansi sampel polutan limbah cair udang
(a) sesaat setelah selesai fotokatalisis 24 jam
(b) setelah sampel polutan didiamkan 4 hari

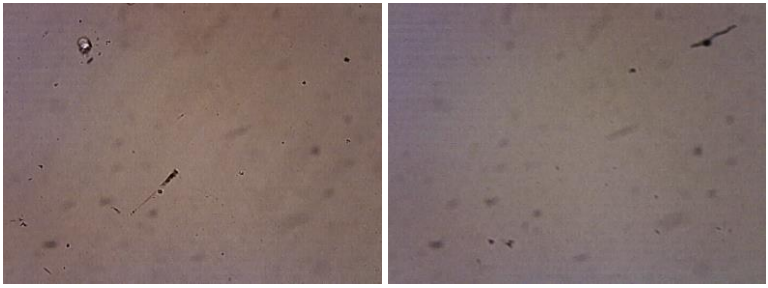
Gambar 4.14 menunjukkan absorbansi sampel polutan dari limbah cair udang. Gambar 4.14 (a) menunjukkan absorbansi tipe *batch* memiliki nilai yang lebih rendah (0,226) dibandingkan tipe *flow* (0,27), sehingga tipe *batch* lebih jernih daripada tipe *flow*. Gambar 4.14 (b) menunjukkan absorbansi pada polutan yang sama, yaitu setelah mengalami fotokatalisis 24 jam lalu didiamkan selama 4 hari. Absorbansi polutan tipe *bacth* mengalami kenaikan (0,258), sedangkan absorbansi tipe *flow* cenderung sama (0,272). Kenaikan absorbansi dapat diketahui penyebabnya melalui pengamatan menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan pada mikroskop untuk sampel polutan ditunjukkan pada Gambar 4.15.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.15. Hasil pengamatan sampel polutan menggunakan mikroskop
(a) Sampel polutan sebelum mengalami proses fotokatalisis
(b) Sampel polutan setelah proses fotokatalisis pada reservoir tipe *batch*
(c) Sampel polutan setelah proses fotokatalisis pada reservoir tipe *flow*

Gambar 4.15 menunjukkan hasil pengamatan pada sampel polutan limbah cair udang menggunakan mikroskop. Kenaikan absorbansi pada Gambar 4.14 sesuai dengan hasil pengamatan pada Gambar 4.15 ketika dilihat dari sisi mikro, yaitu mikroorganisme pada tipe *batch* lebih sedikit daripada tipe *flow*.

Absorbansi tipe *flow* lebih tinggi daripada tipe *batch*. Hal ini terjadi karena saat dialirkan, bubuk TiO_2 ada yang terbawa arus air sehingga partikel diskrit dari TiO_2 dapat meningkatkan nilai absorbansi saat diuji pada UV-Vis. Tipe *flow* juga lebih kotor dibandingkan tipe *batch* ketika ditinjau secara mikro. Hal ini terjadi karena pada tipe batch, senyawa organik dan organisme direduksi secara fokus pada satu lokasi, sedangkan pada tipe *flow*, pemecahan senyawa belum tuntas direduksi oleh TiO_2 dan UV tetapi sudah beralih ke reservoir II sehingga pemecahan senyawa tidak efektif.

Kualitas aroma berbanding terbalik dengan degradasi, yaitu tipe *batch* masih memiliki bau tidak sedap, sedangkan tipe *flow* tidak lagi beraroma. Penyebab aroma tidak sedap pada limbah cair udang adalah senyawa organik seperti amonia dan hidrogen sulfida. Senyawa organik ini dapat direduksi melalui reservoir tipe *flow*.

Analisis tersebut menunjukkan tipe *batch* baik untuk mengurai organisme dan polutan. Tipe *flow* baik untuk mengurai senyawa organik seperti amonia dan hidrogen sulfida.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini dipaparkan sebagai berikut.

1. Telah dibuat rancang bangun piranti “VALITIOZ” yang memiliki reservoir sebanyak dua buah. Rancang bangun ini mampu melakukan degradasi limbah cair udang dengan pilihan substrat terbaik adalah nilon.
2. Degradasi limbah cair udang tertinggi adalah pada penggunaan empat lampu TL UV, yaitu sebesar 0,897.
3. Reservoir tipe *batch* baik untuk mendegradasi senyawa organisme dan polutan, sedangkan reservoir tipe *flow* baik untuk mendegradasi aroma.

5.2. Saran

1. Menyelidiki penyebab perubahan warna hijau pada limbah cair udang setelah mengalami fotokatalisis.
2. Mencari tahu lebih lanjut penggunaan air yang paling baik untuk digunakan dalam proses pencucian udang.
3. Menyelidiki pengaruh reservoir yang terbuka dan tertutup sebagai penambahan oksigen alami pada degradasi limbah udang.
4. Menyelidiki lebih lanjut bakteri apa saja yang terdapat pada limbah udang dan apa saja yang dapat diuraikan oleh TiO_2, sehingga bakteri yang masih ada dapat diantisipasi menggunakan bahan lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abun. 2009. *Pengolahan Limbah Udang Windu secara Kimiawi dengan NaOH dan H_2SO_4 terhadap Protein dan Mineral Terlarut.* Jatinagor: Fakultas Peternakan, Universitas Padjajaran.

Badaruddin. 2017. *Debit Air*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.

Carlucci, Claudia. 2019. *Titanium Dioxide as a Catalyst in Biodiesel Production*. Italy: University of Bari.

Dhien, Kusuma. 2015. *Pengaruh Rasio Resin dan Hardener terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia.* Surabaya: ITS.

Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2018. *KKP: Budaidaya Udang Masih Sangat Potensial*. https://kkp.go.id/djpb/artikel/8688-kkp-budidaya-udang-masih-sangat-potensial. Diakses 18 September 2019, pukul 14:32.

Firmansyah dan Astuti. 2013. *Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Nanokomposit Epoxy-Titanium Dioxide*. Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 2. ISSN 2302-8491.

Gunlazuardi, J. 2000. *Fotoelektrokatalis untuk Detoksifikasi Air, Prosiding*. Seminar Nasional Elektrokimia, 1-21.

Gunlazuardi, J. 2001. *Fotokatalisis pada Permukaan TiO_2: Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. Seminar Nasional Kimia Fisika II. Jakarta, 14-15 Juni.

Hidayatillah, Yetti. 2017. *Dampak Sosial Industrial Tambak Udang terhadap Lingkungan di Desa Andulang Kabupaten Sumenep.* JTP2IPS, vol.2(22-23).

Iskandar M.I. dkk. 2017. *Pengaruh Hardener dan Extender dalam Perekat Tanin Resorsinol Formaldehida terhadap Emisi Formaldehida Kayu Lapis.* Jurnal ITEKIMA Vol. 2, No.1. ISSN:2548-947x.

Lucas, Jim. 2017. *What is Ultraviolet Light?* www.livescience.com. Diakses 15 Sptember 2019 pukul 11.45 WIB.

Mijayanti, Tika. 2019. *Rancang Bangun Reaktor Fotokatalisis untuk Mengukur Fotodegradasi Methylene Blue secara Real Time dengan TiO_2 yang Dilapiskan pada Kain Cotton Sifon.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mosiori, Cliff Orori. 2015. *Microcontroller Technology*. Kenya: Rift Valley Institute of Science and Technology.

Nahampun, N.D. dkk. 2018. *Pengaruh Pelapisan Benih dengan PEG dan Lama Penyinaran terhadap Viabilitas Benih Tomat Ceri. J. Agro Complex 2(3):235-243.* DOI: https://doi.org/10.14710/joac.2.3.235-243.

Nogueira, R.F.P. & Jardim, W.F. 1993. *Photodegradation of Methylene blue Using Solar Light and Semiconductor (TiO_2)*. J. Chem. Ed., 70, 10, 861-862.

Pamungkas, Oktafeni Atur. 2016. *Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD_5 dan pH di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang.* Jurnal Kesehatan Masyarakat. Volume 4, No 2, April 2016. ISSN: 2356-3346.

Rawiningtyas, Sotya. 2013. *Pengaruh Proses Pelapisan Ag, Kitosan/Ag, TiO_2/Ag dan Pencucian Hasil Pelapis terhadap Aktivitas Bakteri Eschericia coli pada Tekstil Medis.* Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Setyawarno, Didik. 2019. *Gerak Benda*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Shanti. 2012. *Titanium Dioksida*. _____

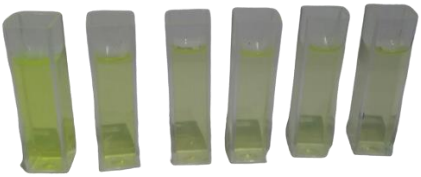
Suryani, Siti Tutut. 2019. *Rancang Bangun Reaktor Fotokatalisis untuk Mengukur Fotodegradasi Methylene Blue secara Real Time dengan TiO_2 yang Dilapiskan pada Substrat Kaca.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Swastawati, Fronthea. 2008. *Pemanfaatan Limbah Kulit Udang menjadi Edible Coating untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Widodo. 2006. *Cara Belajar Sendiri Membuat Rangkaian Elektronika*. Jakarta : PT. Elex Media Computindo.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



Perubahan warna pada limbah udang
Dari kiri: 0 jam, 4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam, dan 20 jam.

Hasil degradasi limbah udang terhadap variasi substrat
Dari kiri: kawat, sifon, tulle, nilon, perban

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis, yaitu Luthfia Cucu Aminah. Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 27 Juni 1998, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis tinggal di Surabaya, tepatnya di Kebraon, Karang Pialng. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Al-Hikmah Kebraon, SD Muhammadiyah 22 Surabaya, SMP Muhammadiyah 6 Surabaya, dan SMA Negeri 1 Taman. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2016, penulis diterima di Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS serta terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 01111640000028.

Penulis mengambil bidang studi Optoelektronika. Selama penelitian, penulis lakukan di Laboratorium Optik dan Laboratorium Fisika Dasar ITS. Selain di akademik, penulis juga aktif di berbagai kegiatan Perisai Diri ITS, baik menjadi panitia, maupun menjadi pengurus, seperti Sekretaris Umum dan PSDM. Selain pada organisasinya, penulis aktif pula berlatih pencak silat, khususnya dalam bidang seni.

E-mail : luthfiacucu@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”