



TUGAS AKHIR - SF184801

**RANCANG BANGUN REAKTOR FOTOKATALISIS  
TIPE *PLUG FLOW* DENGAN INSTALASI O<sub>2</sub>  
*CATCHER* SEBAGAI MEDIA FOTODEGRADASI  
LIMBAH CAIR METILEN BIRU**

**NOVI ANDRIANI**  
NRP. 01111540000081

**Dosen Pembimbing**

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

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

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**TUGAS AKHIR - SF184801**

**RANCANG BANGUN REAKTOR FOTOKATALISIS  
TIPE *PLUG FLOW* DENGAN INSTALASI O<sub>2</sub>  
*CATCHER* SEBAGAI MEDIA FOTODEGRADASI  
LIMBAH CAIR METILEN BIRU**

**NOVI ANDRIANI  
NRP. 01111540000081**

**Dosen Pembimbing**

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

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

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



FINAL PROJECT - SF 184801

***DESIGN OF PHOTOCATALYSIS PLUG FLOW  
REACTOR WITH O<sub>2</sub> CATCHER INSTALLATION  
AS METHYLENE BLUE PHOTODEGRADATION  
MEDIAS***

NOVI ANDRIANI  
NRP. 0111154000081

*Advisor*

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

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

PHYSICS DEPARTMENT  
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN REAKTOR FOTOKATALISIS  
TIPE *PLUG FLOW* DENGAN INSTALASI  $O_2$   
*CATCHER* SEBAGAI MEDIA FOTODEGRADASI  
LIMBAH CAIR METILEN BIRU

TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains

pada

Bidang Studi Instrumentasi  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NOVI ANDRIANI**  
NRP. 0111154000081

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

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

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



Surabaya, Januari 2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **RANCANG BANGUN REAKTOR FOTOKATALISIS TIPE *PLUG FLOW* DENGAN INSTALASI *O<sub>2</sub> CATCHER* SEBAGAI MEDIA FOTODEGRADASI LIMBAH CAIR METILEN BIRU**

**Nama Mahasiswa** : Novi Andriani  
**NIM** : 01111540000081  
**Departemen** : Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data,  
ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Drs. Bachtera Indarto, M. Si  
2. Dr. Gatut Yudoyono, M.T

## **Abstrak**

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) yang digunakan untuk mendegradasi larutan metilen biru perlu dibuat dalam bentuk lapisan agar dapat digunakan secara berulang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang reaktor fotokatalisis tipe *plug flow* dengan instalasi *O<sub>2</sub> catcher* sebagai media fotodegradasi metilen biru secara *realtime*, mengukur tingkat degradasi limbah industri metilen biru dengan sensor fotodiode dalam reaktor fotokatalis, serta menghitung perbandingan metilen biru sebelum dan sesudah diproses oleh reaktor fotokatalisis. Pembuatan sampel fotokatalis menggunakan komposisi campuran  $\text{TiO}_2$ : PEG 4000: resin: *hardener* adalah 2:1:4:1,3 yang dilapiskan dengan kuas pada media kain kasa nilon. Sampel fotokatalis tersebut digunakan dalam reaktor fotokatalisis tipe *plug flow*, yaitu reaktor degradasi limbah cair secara sirkulasi menggunakan fotokatalis. Proses fotokatalisis memerlukan oksigen sebagai media pembawa elektron sehingga dengan instalasi *O<sub>2</sub> catcher* sebagai pengikat oksigen bebas dari udara. Larutan yang digunakan adalah 5 liter metilen biru 5 ppm dengan lampu TL-UV sebagai sumber cahaya. Degradasi zat warna diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan sensor fotodiode. Proses fotokatalisis dilakukan pada variasi debit fluida yaitu 7,2 mL/s, 5,9 mL/s, dan 4,4 mL/s. Proses fotokatalisis secara efektif terjadi pada rentang waktu 0-5 jam dan degradasi signifikan terjadi pada 1 jam pertama penyinaran yaitu untuk debit 7,2 mL/s

sebesar 24%, 5,9 mL/s sebesar 29%, dan 4,4 mL/s sebesar 18%. Sedangkan selama 20 jam proses, degradasi untuk debit 7,2 mL/s sebesar 44%, 5,9 mL/s sebesar 50%, dan 4,4 mL/s sebesar 45%.

***Kata Kunci : Metilen Biru, Fotokatalisis, Reaktor Plug Flow, Titanium Dioksida***

**DESIGN OF PHOTOCATALYSIS PLUG FLOW REACTOR  
WITH O<sub>2</sub> CATCHER INSTALLATION AS METHYLENE  
BLUE PHOTODEGRADATION MEDIAS**

**Name** : Novi Andriani  
**NIM** : 0111154000081  
**Department** : Physics, Faculty of Science and Data  
Analytics, ITS  
**Advisor** : 1. Drs. Bachtera Indarto, M. Si  
2. Dr. Gatut Yudoyono, M.T

***Abstract***

*Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) which is used to degrade methylene blue solution needs to be fabricated in the form of a photocatalys sample to be used repeatedly. This research aims to design a plug flow type photocatalysis reactor with o<sub>2</sub> catcher installation as a methylene blue photodegradation media's in realtime, measure degradation level of methylene blue with a photodiode sensor in a photocatalyst reactor, and calculate the ratio of methylene blue before and after proses in a photocatalyst reactor. Fabrication of the photocatalys sample using a mixture of TiO<sub>2</sub>: PEG 4000: resin: hardener is 2: 1: 4: 1.3 which is coated with a brush on the nylon gauze media. The photocatalys sample is used in a plug flow type photocatalysis reactor, which is a circulating liquid waste degradation reactor using photocatalysts. The process of photocatalysis requires oxygen as an electron-carrying medium so that the installation of O<sub>2</sub> catcher is added as an oxygen-binding agent from the air. The solution used is 5liter methylene blue 5 ppm with TL-UV lamps as a light source. Dyestuff degradation was measured using UV-Vis spectrophotometer and fotodioda sensor in realtime. The process of photocatalysis is done on fluid discharge variations, namely 7.2 mL / s, 5.9 mL / s, and 4.4 mL / s. In process, effective performance occurs in the range of 0-5 hours and significant degradation occurs in the first 1hour irradiation, namely for discharge of 7.2 mL / s at 24%, 5.9 mL / s at 29%, and 4.4 mL / s at 18%. And within 20 hours of proses, degradation to*

*discharge was 7.2 mL / s by 44%, 5.9 mL / s by 50%, and 4.4 mL / s by 45%.*

***Keywords : Methylene Blue, Photocatalys, Plug Flow Reaktor, Titanium Dioxide***

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Rancang Bangun Reaktor Fotokatalisis Tipe *Plug flow* dengan Instalasi O<sub>2</sub> Catcher sebagai Media Fotodegradasi Limbah Cair Metilen Biru**” ini. Pada kesempatan terbaik ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rezeki, kemudahan dan kelancara, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancer.
2. Kedua orang tua yang saya cintai, Bapak Mukri dan Ibu Ranti, dengan besar hati telah membimbing, merawat, mencintai, serta memberikan pelajaran hidup yang menguatkan mental penulis.
3. Bapak Bachtera Indarto dan Bapak Gatut Yudoyono selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh pihak yang memberikan fasilitas, motivasi, dan bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Dengan bantuan dan kehadiran pihak-pihak tersebut penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam perkembangan IPTEK. Namun dengan menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
<i>TITLE PAGE</i> .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Metilen biru .....	7
2.2 Semikonduktor .....	9
2.3 Titanium dioksida .....	10
2.4 Fotokatalisis .....	11
2.5 Arduino Uno .....	13
2.6 Sensor Fotodioda .....	15
2.7 Bejana Berhubungan .....	16
2.8 Reaktor <i>Plug Flow</i> .....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2 Peralatan dan Bahan .....	20

3.2.1	Alat Ukur Fotodegradasi .....	20
3.2.2	Bahan Pembuatan Sampel fotokatalis .....	21
3.2.3	Bahan Pembuatan Larutan Metilen biru.....	22
3.2.4	Bahan Reaktor Tipe <i>Plug Flow</i> .....	22
3.2.5	Peralatan Pendukung .....	24
3.3	Langkah Kerja .....	25
3.3.1	Perancangan Reaktor Fotokatalisis.....	25
3.3.2	Perancangan Sistem Sensor.....	27
3.3.3	Pembuatan Sampel fotokatalis .....	27
3.3.4	Pembuatan dan Karakterisasi Larutan Metilen biru .....	28
3.3.5	Kalibrasi alat Ukur Fotodegrdsi .....	29
3.3.6	Proses Fotokatalisis dan Pengambilan Data .....	29
3.3.7	Uji Absorbansi dan Konsentrasi Larutan Metilen biru .....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Pemilihan Bahan Media Sampel fotokatalis.....	33
4.2	Uji Kalibrasi Larutan Metilen Biru.....	34
4.3	Analisis Uji Larutan Metilen Biru.....	37
4.4	Pembahasan .....	41
BAB V KESIMPULAN .....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN .....		53
BIODATA PENULIS.....		62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Metilen Biru.....	8
Gambar 2. 2 Perbandingan celah pita konduktor, isolator dan semikonduktor.....	9
Gambar 2. 3 Struktur kristal $TiO_2$ .....	11
Gambar 2. 4 Fotoeksitasi elektron pada semikonduktor .....	12
Gambar 2. 5 Arduino.....	14
Gambar 2. 6 <i>Fotodioda</i> dan Simbol .....	15
Gambar 2. 7 Bejana Berhubungan.....	16
Gambar 2. 8 Reaktor tipe <i>plug flow</i> .....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Alat ukur fotodegradasi .....	20
Gambar 3. 3 Alat dan Bahan pembuatan Sampel fotokatalis .....	21
Gambar 3. 4 Bahan Pembuat Limbah Cair Metilen biru .....	22
Gambar 3. 5 Peralatan dan Bahan Pembuatan Reaktor Tipe <i>plug flow</i> .....	23
Gambar 3. 6 Peralatan Pendukung .....	24
Gambar 3. 7 Reaktor Fotokatalisis .....	26
Gambar 3. 8 Sistem Sensor dan Mikrokontroler .....	27
Gambar 3. 9 Sampel fotokatalis .....	28
Gambar 3.10 Larutan Metilen biru 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm .....	29
Gambar 4.1 Jenis kain .....	33
Gambar 4.2 Spektrum Absorbansi Uji Kalibrasi Spektrofotometer .....	35
Gambar 4.3 Regresi linear absorbansi dan ppm .....	36
Gambar 4.4 Regresi linear tegangan dan ppm .....	37
Gambar 4. 5 Absorbansi metilen biru pada puncak gelombang 665 nm .....	38

Gambar 4. 6 Hubungan konsentrasi dan waktu penyinaran uji spektrofotometer .....	39
Gambar 4. 7 Hubungan tegangan dan waktu penyinaran menggunakan sensor fotodioda.....	40
Gambar 4. 8 Hubungan Konsentrasi dan Waktu Penyinaran Menggunakan Sensor Fotodioda .....	41
Gambar 4. 9 Gelembung udara.....	42
Gambar 4. 10 Perbandingan degradasi metilen biru kain kasa nylon dengan kain sifon.....	43
Gambar 4. 11 Perbandingan degradasi metilen biru dengan dan tanpa instalasi <i>O<sub>2</sub> catcher</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Uji Spektrofotometer dan Konversi .....	55
Tabel 2 Hasil Uji Sensor Fotodiode dan Konversi .....	56
Tabel 3 Hasil Uji Spektrofotometer tanpa O <sub>2</sub> <i>catcher</i> .....	60
Table 4 Hasil Uji degradasi Konsentrasi awal 7ppm .....	61

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Sampel fotokatalis Kain yang Telah digunakan pada <i>Proses</i> .....	53
Lampiran 2 Gambar <i>Larutan</i> Larutan Metilen biru pada 7,2 mL/s.....	53
Lampiran 3 Gambar <i>Larutan</i> Larutan Metilen biru pada 5,9 mL/s .....	54
Lampiran 4 Gambar <i>Larutan</i> Larutan Metilen biru pada 4,4 mL/s.....	54
Lampiran 5 Tabel 1 Hasil Uji Spektrofotometer dan Konversi .....	55
Lampiran 6 Tabel Hasil Uji Sensor Fotodioda dan Konversi .....	56
Lampiran 7 Gambar Spektrum Absorbansi pada U Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 47,2 mL/s Pertama.....	57
Lampiran 8 Gambar Spektrum Absorbansi pada U Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 7,2 mL/s kedua .....	57
Lampiran 9 Gambar Spektrum Absorbansi pada U Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 5,9 mL/s Pertama.....	58
Lampiran 10 Gambar Spektrum Absorbansi pada U Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 5,9 mL/s kedua .....	58
Lampiran 11 Gambar Spektrum Absorbansi pada U Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 4,4 mL/s Pertama.....	59

Lampiran 12 Gambar Spektrum Absorbansi pada Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 4,4 mL/s kedua .....	59
Lampiran 13 Tabel 3 hasil Uji Spektrofotometer tanpa <i>O<sub>2</sub> catcher</i> .....	60
Lampiran 14 Tabel 4 Hasil Uji Degradasi Konsentrasi 7ppm.....	61

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu industri terbesar di Indonesia penyumbang devisa ekspor yang terus meningkat adalah industri tekstil. Tekstil merupakan material fleksibel yang terbuat dari tenunan benang dan dalam kehidupan sehari-hari disebut sebagai kain. Industri tekstil akan tetap menjadi industri andalan di masa yang akan datang. Menurut Kementerian Perindustrian (Kemenperin), industri tekstil dan pakaian jadi menorehkan kinerja yang gemilang pada triwulan I tahun 2019. Sepanjang tiga bulan tersebut, pertumbuhan industri tekstil dan pakaian jadi tercatat paling tinggi dengan mencapai 18,98 persen (Kemenperin,2019).

*Pantone Color Institute*, perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa yang memberikan pengaruh cukup besar pada pergerakan mode dunia. Melalui perkiraan tren musim, psikologi warna, hingga konsultasi warna, lebih dari 20 tahun, *Pantone of The Year* telah mempengaruhi pengembangan produk dan keputusan pembelian di berbagai industri, termasuk mode, perabot rumah tangga, dan disain industri, serta kemasan produk dan disain grafis. *Pantone Color Institute* mengeluarkan warna ‘*classic blue*’ sebagai Warna *Pantone of The Year* untuk tahun 2020. Hal ini akan mempengaruhi perputaran mode dunia dan secara langsung pada tren produksi tekstil (Pantone,2019).

Seiring berkembangnya mode dunia, produksi tekstil juga ikut berkembang pesat. Salah satu proses dan unsur penting dalam industri tekstil adalah pewarnaan. Proses pewarnaan banyak menggunakan senyawa pewarna organik maupun kimia. Adanya warna *Pantone of The Year* berakibat pada bertambahnya penggunaan zat warna khususnya biru. Limbah zat warna dari industri tekstil apabila tidak diolah dengan benar dapat mencemari lingkungan. Limbah pewarnaan tekstil ini berupa limbah cair. Limbah pewarna cair ini biasanya diperoleh dari sisa-sisa pencucian kain dan pencelupan kain saat proses pewarnaan. Zat

warna pada tekstil dibedakan menjadi dua yaitu pewarna alami (dari ekstrak tumbuhan) dan pewarna sintetis. Warna biru secara alami dapat diekstrak dari tarum. Namun pewarna alami memiliki tingkat pengolahan yang lebih sulit, warna yang terbatas, cepat pudar, dan harga relatif mahal. Hal ini tentu kurang menguntungkan jika diproduksi secara massal untuk kepentingan bisnis industri (Sumerta, 2002).

Metilen biru merupakan pewarna sintetis yang banyak digunakan selain *brilliant blue* dan *indigo carmine*. Selain warnanya yang pekat, pewarna sintetis dijual bebas di pasaran dengan harga relatif murah. Penggunaan metilen biru tentunya memiliki takaran dosis tersendiri, namun kebanyakan orang awam dan industri menggunakan dosis yang berlebihan. Tentu hal ini dapat membahayakan kelangsungan hidup makhluk hidup seperti ekosistem sungai bahkan manusia, mengingat sungai dimanfaatkan sebagai salah satu sumber sanitasi dan konsumsi (Sumerta, 2002).

Di Indonesia telah ditemukan dan dikembangkan beberapa teknologi alternatif untuk mengolah limbah cair industri tekstil metilen biru dengan kandungan yang berbahaya bagi ekosistem, misalnya dengan teknik koagulasi, flokulasi, adsorpsi dengan karbon aktif. Penghilangan warna dengan proses koagulasi, flokulasi, adsorpsi dengan karbon aktif sifatnya hanya memindahkan zat warna dari fase cair ke dalam fase padat, bukan menguraikan senyawa-senyawa kompleks pembentukan warna. Partikel-partikel zat warna yang tidak terurai akan menggumpal bersama bahan lainnya dan perlu diproses lebih lanjut sehingga tidak menimbulkan pencemaran lanjutan atau limbah baru. Salah satu perkembangan teknologi dan penelitian dalam degradasi polutan air organik ialah fotokatalitik dengan memanfaatkan bahan semikonduktor di bawah radiasi sinar matahari. Bahan semikonduktor tersebut ialah titanium dioksida atau  $\text{TiO}_2$  (Palupi, 2006).

Pengolahan air limbah secara fotokatalitik memiliki beberapa keunggulan yaitu, sederhana, ramah lingkungan, kemampuan untuk beroperasi dalam berbagai kondisi lingkungan,

dan biaya relatif murah. Sehingga rancang bangun reaktor fotokatalis  $\text{TiO}_2$  untuk mengolah air limbah tekstil menjadi salah satu solusi efisien. Salah satu jenis reaktor yang digunakan untuk fotokatalisis adalah reaktor *plug flow*. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Vitria Aini (2019) dan tantangan selanjutnya adalah pengembangan reaktor fotokatalisis agar bekerja lebih efektif. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul Rancang Bangun Pengembangan Reaktor Fotokatalis Tipe *Plug flow* dengan Instalasi  $\text{O}_2$  *Catcher* sebagai Media Fotodegradasi Metilen Biru.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah proses rancang bangun reaktor fotokatalisis tipe *plug flow* dengan instalasi  $\text{O}_2$  *catcher* sebagai media fotodegradasi metilen biru secara *realtime*?
2. Bagaimanakah mengukur tingkat degradasi limbah industri metilen biru dengan sensor *photodiode* dalam reaktor fotokatalis?
3. Bagaimana perbandingan metilen biru sebelum dan sesudah dilakukan proses pada reaktor fotokatalis tipe *plug flow*?

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, adalah:

1. Material  $\text{TiO}_2$  berukuran nanopartikel dan berfasa anatase.
2. Media pelapisan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  yang digunakan adalah kain kasa nilon.
3. Metode yang digunakan adalah pelapisan dengan kuas.
4. Resin digunakan sebagai bahan perekat.
5. Lampu UV digunakan sebagai sumber cahaya pada proses fotokatalisis.
6. Tingkat degradasi limbah tekstil metilen biru diukur menggunakan sensor fotodiode dengan sumber cahaya LED

merah dalam reaktor fotokatalisis serta dilakukan uji absorbansi menggunakan spektrofotometer.

7. Degradasi limbah zat cair diamati dari perubahan warna (kualitatif) dan nilai konsentrasi yang diasumsikan mewakili tingkat degradasi limbah zat cair secara kuantitatif.

#### **1.4 Tujuan**

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

1. Rancang bangun reaktor fotokatalisis tipe *plug* dengan instalasi *O<sub>2</sub> catcher* sebagai media fotodegradasi metilen biru secara *realtime*.
2. Mengukur tingkat degradasi limbah industri metilen biru dengan sensor fotiododa dalam reaktor fotokatalis.
3. Menghitung perbandingan konsentrasi metilen biru sebelum dan sesudah diproses pada reaktor fotokatalis.

#### **1.5 Manfaat**

Penelitian ini memberikan banyak manfaat bagi beberapa pihak, yakni:

1. Memberikan inovasi dalam penelitian bidang fotokatalisis menggunakan lapisan nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada sampel fotokatalis kasa nilon sebagai media degradasi limbah tekstil.
2. Solusi mengolah air tercemar menjadi air bersih yang dapat dimanfaatkan sebagai kebutuhan *sanitary* yang bebas dari metilen biru
3. Inovasi reaktor fotokatalisis tipe *plug flow* dengan instalasi *O<sub>2</sub> Catcher* sebagai media fotodegradasi metilen biru secara *realtime*.
4. Menghasilkan artikel ilmiah yang memberikan informasi dan acuan mengenai degradasi limbah zat cair menggunakan lapisan nanopartikel TiO<sub>2</sub>.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika yang dilakukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa bab, yakni:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan

## **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi tentang beberapa materi penunjang untuk melakukan penelitian ini, seperti materi tentang metilen biru, semikonduktor, titanium dioksida, fotokatalisis, Arduino Uno, sensor fotodiode, bejana berhubungan, dan reaktor *plug flow*.

## **BAB III METODOLOGI**

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

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang analisis data yang diperoleh, meliputi data hasil pengujian dan pembahasan dari data yang diperoleh.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data serta saran-saran untuk mendukung penelitian selanjutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka berisikan identitas buku, jurnal, situs web, maupun hal lain yang dijaikan referensi dalam penulisan.

## **LAMPIRAN**

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

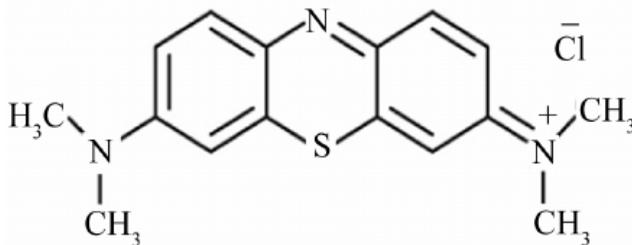
### 2.1 Metilen biru

Metilen biru merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Metilen biru memiliki rumus kimia  $C_{16}H_{18}ClN_3S$  dengan nama IUPAC [7 - (*Dimethylamino*)*phenothiazin* - 3 - *ylidene*] - *dimethylazanium chloride*, Metilen biru memiliki nama dagang pil desmoid, serbuk desmoid, *pantone*, *urolene* biru dan *vitaleu*. Metilen biru disintesis secara komersial dengan oksidasi *N, N* - *dimethyl - phenylenediamine* dengan *sodium dichromate* ( $Na_2Cr_2O_7$ ) pada *sodium thiosulfate* ( $Na_2S_2O_3$ ), kemudian diikuti oleh oksidasi lebih lanjut dengan adanya *N, N* - *dimethylaniline*. Metilen biru hidroklorida diisolasi dengan menambahkan 30% asam klorida dan larutan garam jenuh biasa ke dalam larutan pewarna. Setelah filtrasi, produk dicuci dengan larutan garam biasa 2%. Natrium dikromat, mangan dioksida, dan jumlah katalitik tembaga sulfat dapat digunakan sebagai zat pengoksidasi. (Berneth, 2008).

Metilen biru digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Selain itu metilen biru diketahui efektif untuk pengobatan *ichthyophthirius* (*white spot*), jamur, protozoa, dan mikroorganisme lain sehingga beberapa ditemui pada bidang pertanian maupun tambak ikan. Metilen biru juga berfungsi untuk mewarnai sel-sel bawang merah yang diamati melalui mikroskop pada bidang penelitian biologi. (Sumerta, 2002)

Titik didih metilen biru antara 100 – 110° C, kepadatan pada 1,0 g / mL pada 20° C, kelarutan 43,6 g / L dalam air dan juga etanol pada 25° C dan ekanan uap  $1,30 \times 10^{-7}$  mmHg pada 25° C. Metilen biru dengan kemurnian tinggi dapat diperoleh dengan mengekstraksi ketidakmurnian kloroform dari larutan pewarna mentah dalam *buffer* borat pada pH 9,5 - 10, diikuti dengan pengasaman larutan dan isolasi pewarna (Berneth, 2008).

Ciri-ciri fisik dari substansi metilen biru murni adalah kristal hijau gelap atau kristal bubuk dengan kilau perunggu, tidak berbau, stabil di udara, larutan berwarna biru tua dalam air atau alkohol, membentuk garam ganda. Metilen biru memiliki berat molekul 319,86 gr/mol, dan daya larut sebesar  $4,36 \times 10^4$  mg/L (Endang Palupi, 2006). Struktur kimia metilen biru ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Struktur Kimia Metilen biru

(Sumber Gambar : [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-methylene-blue-dye-MB\\_fig1\\_268261926](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-methylene-blue-dye-MB_fig1_268261926))

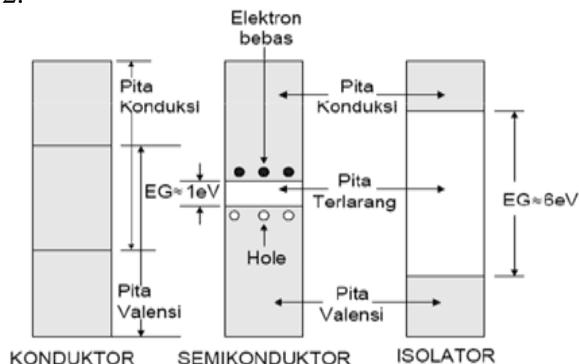
Gambar 2.1 menunjukkan bahwa metilen biru tersusun atas gugus atom karbon, hidrogen, sulfur dan nitrogen yang membentuk gugus rantai metil alkana. Molekul zat pewarna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna. Zat organik tidak jenuh dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik hidrokarbon dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen. Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Daya serap terhadap serat tidak besar. Sehingga zat warna yang tidak bereaksi dengan serat mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung dapat mempengaruhi daya serap dan ketahanan zat warna terhadap asam atau basa. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah

bereaksi dengan serat kain. Pada umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu (Renita Manurung, 2004). Metilen biru digunakan sebagai desinfektan, penghilang noda biologis, dan fungisida akuarium (Schirmer, 2011).

Metilen biru telah digunakan sebagai media penelitian optik dalam sistem biofisik, sebagai interkalator dalam bahan nanopori, sebagai mediator redoks, dan dimanfaatkan pada pencitraan fotoelektrokromik. Metilen biru digunakan untuk mewarnai kertas dan tekstil, menentukan surfaktan *anionic* dan reagen indikator pH dan redoks (Kosswig, 2000).

## 2.2 Semikonduktor

Berdasarkan pita energinya, zat padat dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu konduktor, semikonduktor dan isolator. Perbedaan dari ketiga jenis bahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Perbandingan celah pita konduktor, isolator dan semikonduktor (Fingky, 2011)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa bahan konduktor termasuk zat padat yang strukturnya tidak terdapat celah antara pita valensi dan pita konduksi, semikonduktor termasuk zat padat yang memiliki pita valensi terisi penuh dengan celah energi yang sempit sehingga elektron dapat mudah berpindah dari pita valensi menuju

pita konduksi dan isolator termasuk zat padat yang bagian pita valensi terisi penuh dengan celah yang besar sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk elektron berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi (Untari, 1996). Semikonduktor adalah bahan yang memiliki nilai hambatan jenis (konduktivitas listrik) antara  $10^{-6}$  sampai  $10^4 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ . Bahan semikonduktor yang paling umum adalah kelompok elemen silikon dan germanium, memiliki resistivitas listrik antara  $10^{-4} \Omega \text{ m}$  hingga  $0,5 \Omega \text{ m}$  (Garland et al., 2003).

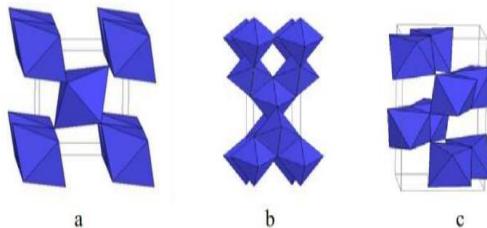
Semikonduktor memiliki energi gap (*band gap*) tidak terlalu besar (0,5 – 3,0) eV, nilai ini lebih kecil bila dibandingkan pada isolator yang memiliki energi gap sebesar 6,0 eV. Oleh karena itu, bahan semikonduktor tidak memerlukan energi yang besar untuk dapat menghantarkan arus listrik atau memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Ramadhani, 2012).

Celah energi adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Ketika suatu semikonduktor mendapat energi yang lebih besar dari energi celah, maka elektron akan tereksitasi ke pita konduksi sehingga meninggalkan muatan positif yang disebut *hole*. *Hole* yang dominan sebagai pembawa disebut semikonduktor tipe-p, sedangkan elektron yang dominan sebagai pembawa disebut semikonduktor tipe-n (Zsolt, 2011).

### 2.3 Titanium dioksida

Salah satu bahan semikonduktor yang dapat digunakan dalam reaksi fotokatalisis adalah Titanium dioksida atau  $\text{TiO}_2$ .  $\text{TiO}_2$  mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai aktifitas fotokatalisis yang tinggi, stabil, tidak beracun, tahan terhadap korosi, melimpah jumlahnya dan relatif murah (Yan et al., 2011). Rentang absorpsi lapisan  $\text{TiO}_2$  berada pada panjang gelombang antara 350 nm - 284 nm yang merupakan panjang gelombang untuk daerah ultraviolet (Zharvan, 2015).  $\text{TiO}_2$  secara mikroskopis memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan amorf (Gunlazuardi, 2001).  $\text{TiO}_2$  amorf tidak memiliki keteraturan

susunan atom sehingga bahan tersebut tidak memiliki keteraturan pita konduksi dan valensi, akan tetapi  $\text{TiO}_2$  amorf juga dikenal memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan dalam waktu yang cukup lama.  $\text{TiO}_2$  bentuk kristal diketahui memiliki tiga fase kristal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Struktur kristal  $\text{TiO}_2$  a) Rutil; b) Anatas; c) Brookit  
(Rohmah., 2015)

Gambar 2.3 menunjukkan struktur kristal  $\text{TiO}_2$  yaitu rutil, anatas, dan brookit. Rutil memiliki bentuk kristal yang paling stabil dan mudah ditemukan dalam bentuk yang paling murni (bijih). Anatas dikenal sebagai kristal yang paling reaktif terhadap cahaya, sehingga eksitasi elektron ke pita konduksi dapat dengan mudah terjadi apabila kristal dikenai cahaya dengan energi yang lebih besar dari pada celah energinya. Brukit merupakan jenis kristal yang sulit diamati karena sifatnya yang tidak mudah dimurnikan (Greenwood dan Earnshaw, 1997).

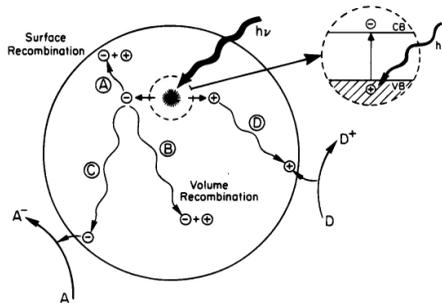
## 2.4 Fotokatalisis

Fotokatalisis merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Cahaya dan katalis dibutuhkan agar dapat melangsungkan transformasi atau reaksi kimia. Transformasi kimia yang diinduksikan oleh sinar tersebut terjadi pada permukaan suatu katalis (Sopyan, 1998). Katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa ikut berubah secara kimia. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi melalui interaksinya dengan sampel fotokatalis baik keadaan dasar maupun tereksitasi

atau dengan fotoproduksi utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Kirk dan Otmer, 1994).

Salah satu bahan semikonduktor yang dapat digunakan dalam reaksi fotokatalisis adalah  $\text{TiO}_2$ .  $\text{TiO}_2$  mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai aktifitas fotokatalisis yang tinggi, stabil, tidak beracun, tahan terhadap korosi, melimpah jumlahnya dan relatif murah (Yan et al., 2011)

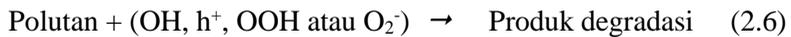
Kristal  $\text{TiO}_2$  yang paling sering digunakan dalam aplikasi fotokatalisis adalah kristal fase anatas. Kristal fase anatas menunjukkan aktivitas yang lebih baik dibandingkan dengan kristal fase rutil sehingga demikian anatas mempunyai kemampuan reduksi lebih besar dari rutil (Amemiya S, 2004). Selain itu, fase anatas mempunyai luas permukaan yang besar sehingga efisiensi fotoreduksi  $\text{CO}_2$  tinggi (Slamet, 2007). Fase anatas muncul pada rentang suhu  $400^\circ\text{--}650^\circ\text{C}$  ketika pemanasan dekomposisi senyawa titanium (Linsebigler et al., 1995). Mekanisme fotokatalisis secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Fotoeksitasi elektron pada semikonduktor (Linsebigler et. al., 1995)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa suatu induksi oleh sinar pada katalis akan menimbulkan terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita induksi (persamaan (2.1)). Proses ini akan menghasilkan  $hole$  ( $h^+$ ) pada pita valensi dan elektron ( $e^-$ ) pada pita konduksi. Sebagian besar elektron dan hole akan berinteraksi

kembali (efek rekombinasi) di permukaan atau *bulk* partikel dan akan mengalami proses reduksi dan oksidasi dengan larutan limbah. Elektron akan menginisiasi reaksi reduksi dengan oksigen ( $O_2$ ) menghasilkan radikal superoksida ( $O_2^-$ ) (persamaan (2.4)), sementara *hole* akan menginisiasi reaksi oksidasi dengan molekul air ( $H_2O$ ) membentuk radikal hidroksil ( $OH$ ) dan  $H_2O^+$  (persamaan (2.6)).



Radikal-radikal tersebut mampu mendegradasi senyawa organik menjadi molekul-molekul kecil seperti  $CO_2$ ,  $H_2O$  dan asam mineral (Dong, Shuying, et, all,. 2015).

## 2.5 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO memiliki 14 pin digital input/output, 6 output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan tombol *reset*. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terputus secara *default*)

20-50 kOhm (Tokhiem, 2008). Bagian-bagian arduino ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Arduino

(Sumber Gambar: <https://arduino.stackexchange.com>)

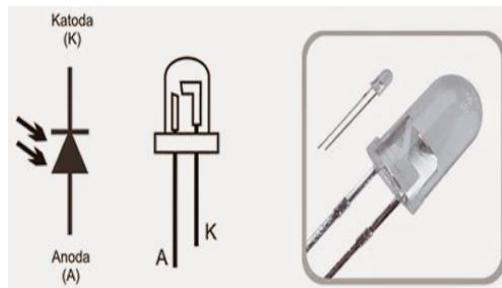
Gambar 2.5 menunjukkan bagian-bagian arduino yang beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.
- b. *External Interrupts*: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi *attachInterrupt()* untuk lebih jelasnya.
- c. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8bit PWM output dengan fungsi analog *Write()*.
- d. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin - pin ini menghubungkan komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- e. AREF. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan *analogReference()*.
- f. Reset. Membawa saluran ini LOW untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblock sesuatu pada board (Tokhiem, 2008).

## 2.6 Sensor Fotodioda

Sensor adalah komponen yang berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia dan mengkonversikan menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun tegangan. Terdapat berbagai macam jenis sensor diantaranya sensor cahaya, sensor suhu, sensor tekanan (Rafiuddin, 2013).

Sensor cahaya adalah komponen elektronika dapat mengubah besaran optik menjadi besaran listrik. Sensor cahaya berdasarkan perubahan listrik yang dihasilkan dibagi menjadi dua jenis, yaitu fotovoltaiik dan fotokonduktif (Widodo, 2006). Salah satu sensor cahaya jenis fotokonduktif adalah sensor fotodiode seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Fotodiode dan Simbol (Nasution, 2015)

Gambar 2.6. menunjukkan bagian sensor fotodiode. Fotodiode adalah komponen elektronika yang dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. Fotodiode merupakan komponen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dan tergolong dalam keluarga diode. Seperti diode pada umumnya, fotodiode memiliki dua kaki terminal yaitu kaki terminal katoda dan kaki terminal anoda, namun juga memiliki lensa dan filter optik yang terpasang dipermukaannya sebagai pendeteksi cahaya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh diode foto diantaranya seperti cahaya matahari, cahaya tampak, sinar inframerah, sinar ultra-violet hingga sinar X (Widodo, 2006).

Prinsip kerja dari fotodiode adalah cahaya yang diserap oleh fotodiode menyebabkan terjadinya pergeseran foton. Pergeseran foton tersebut menghasilkan pasangan electron hole di kedua sisi. Elektron bergerak menuju kutub positif dan hole menuju kutub negatif, sehingga arus akan mengalir dalam rangkaian. Nilai resistansi pada sensor *fotodiode* akan berubah ketika dikenai cahaya, semakin banyak cahaya yang diterima maka nilai resistansinya semakin kecil dan sebaliknya (Anjaswati, 2013).

## 2.7 Bejana Berhubungan

Bejana berhubungan merupakan kumpulan dari beberapa bejana atau pipa berisi cairan yang saling terhubung dan memiliki tinggi permukaan yang sama dan tegak lurus terhadap pusat gravitasi tanpa dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, maupun volume tiap bejana (Spellman, 2005). Aplikasi prinsip bejana berhubungan ditunjukkan oleh Gambar 2.7.

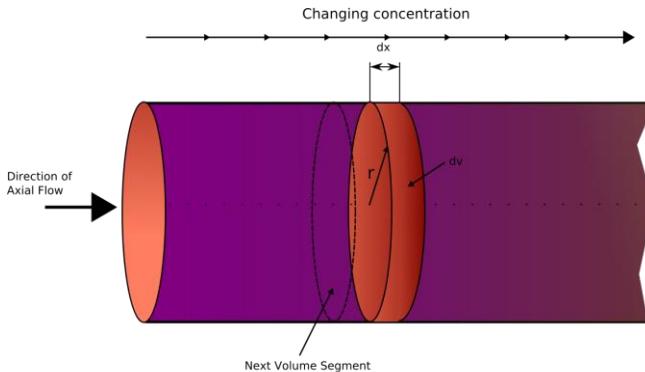


**Gambar 2.7** Bejana berhubungan  
(Sumber Gambar: idschool.net, 2017)

Gambar 2.7 menunjukkan bahwa ketika cairan ditambahkan pada salah satu bejana seperti pada, maka tinggi permukaan tiap bejana akan mengalami kenaikan dan akan tetap kembali sama tinggi. Hal ini terjadi akibat adanya tekanan hidrostatis (Fabrizio, 2005).

## 2.8 *Plug flow Reaktor*

Alat yang digunakan untuk mereaksikan reaktan berfase fluida dan merubahnya menjadi produk dengan cara dialirkan dalam pipa secara berkelanjutan disebut sebagai *Plug flow Reaktor* (PFR). Reaktor *plug flow* ditunjukkan oleh Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Reaktor *Plug flow*  
(Sumber Gambar: idschool.net, 2018)

Gambar 2.8 menunjukkan jalannya fluida pada reaktor *plug flow*. Secara umum reaktor *plug flow* dipakai untuk mempelajari proses kimia yang penting seperti perubahan kimia senyawa, reaksi termal, dan lain-lain. Reaktor *plug flow* digunakan untuk reaksi heterogen, misal antara bahan baku gas dengan katalis padat menggunakan model reaktor *plug flow*.

Mikrajuddin Abdullah (2017) merancang *flat panel photoreaktor* menggunakan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  yang dilapiskan diatas bahan untuk mendegradasi metilen biru dengan menggunakan PFR sebagai media reaktannya. Prinsip kerja PFR yang digunakan adalah fluida dilewatkan sela-sela katalis pada suatu pipa dengan penyaring pasir. Diasumsikan bahwa tidak ada perbedaan konsentrasi tiap komponen sepanjang jari-jari pipa. Perlakuan yang diberikan pada fluida ialah sama sehingga waktu tinggal semua elemen fluida adalah sama. Fluida sejenis yang mengalir melalui reaktor ideal disebut *plug*. Saat *plug* mengalir

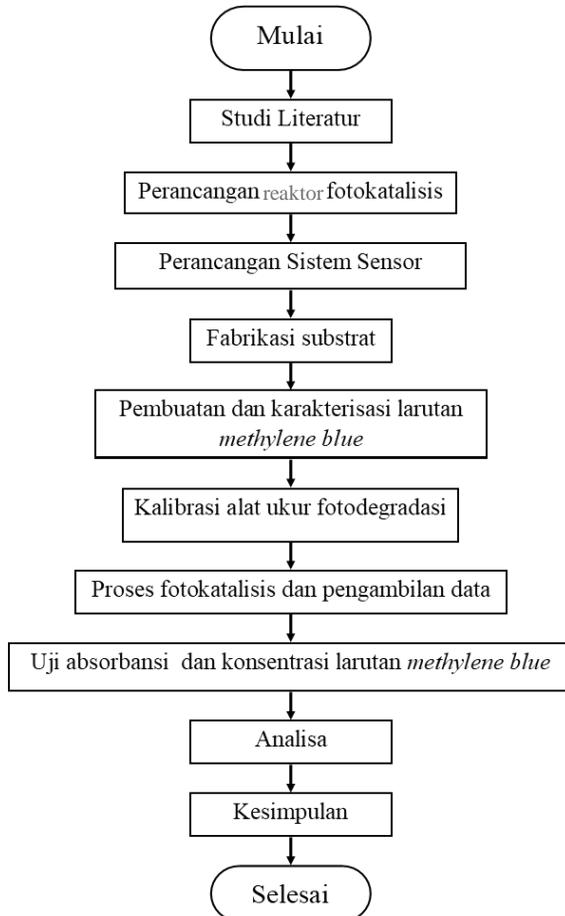
sepanjang PFR, fluida bercampur sempurna dalam arah radial (searah) bukan dalam arah axial (dari arah depan atau belakang). Setiap *plug* dengan volume berbeda dinyatakan sebagai kesatuan yang terpisah-pisah (hampir seperti *batch reaktor*) saat dia mengalir turun melalui pipa PFR (Zhewen LU, 2017).

Fluida bergerak ke arah aksial reaktor, dengan masing-masing sumbat memiliki komposisi yang berbeda dari yang sebelum dan sesudahnya. Asumsi utama adalah bahwa ketika sumbat mengalir melalui PFR, fluida dicampur sempurna dalam arah radial tetapi tidak tercampur sama sekali dalam arah aksial (tidak dengan elemen hulu atau hilir). Setiap *plug* dianggap sebagai entitas yang terpisah, secara efektif sebuah reaktor *batch* yang sangat kecil dengan pencampuran mendekati volume nol. Ketika sumbat mengalir ke PFR, waktu tinggal elemen sumbat berasal dari posisinya di reaktor (Rojnuckarin, 1993).

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahap pengerjaan penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan tahapan penelitian mulai dari perancangan reaktor, pembuatan sampel fotokatalis, hingga tahap pengukuran.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

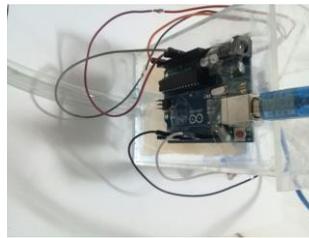
Alat dan bahan yang dibutuhkan dibagi empat yaitu alat ukur fotodegradasi, alat dan bahan pembuatan sampel fotokatalis, alat dan bahan limbah cair metilen biru, *serta* alat dan bahan reaktor tipe *plug flow*.

#### 3.2.1 Alat Ukur Fotodegradasi

Terdapat dua jenis alat ukur fotodegradasi yang digunakan yaitu Spektrofotometer UV-Vis dan sensor fotodiode. Alat-alat tersebut seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



(a)



(b)

**Gambar 3. 2** Alat Ukur Fotodegradasi (a) Spektrofotometer UV-vis, (b) Sensor Fotodiode

Gambar 3.2 menunjukkan alat ukur fotodegradasi. Spektrofotometer digunakan untuk mengukur tingkat degradasi limbah cair tekstil dalam bentuk absorbansi. Spektrofotometer tidak hanya berupa *hardware* tetapi juga dilengkapi *software*. Serta sensor fotodiode sebagai alat ukur fotodegradasi secara *realtime* yang terdiri dari arduino, fotodiode, LED merah, dan resistor. Arduino digunakan sebagai pengendali yang berisi kode perintah dan transformasi data analog dari sensor ke data digital pada layar monitor. Fotodiode dalam penelitian ini digunakan sebagai sensor cahaya. LED merah digunakan sebagai sumber cahaya yang nantinya diterima oleh fotodiode. Resistor atau hambatan

digunakan sebagai pembagi tegangan ketika dihubungkan pada *photodiode* dan sebagai pengaman LED. Resistor 10 k $\Omega$  sebagai penghambat arus photodiode dan 350  $\Omega$  sebagai penghambat arus LED.

### 3.2.2 Bahan Sampel fotokatalis

Sampel fotokatalis dalam penelitian ini dibuat dengan alat dan bahan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



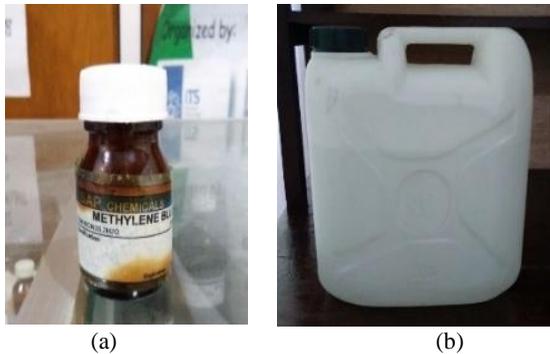
**Gambar 3.3** Alat dan Bahan pembuatan sampel fotokatalis : (a) TiO<sub>2</sub>, (b) PEG, (c) etanol, (d) resin, (e) hardener, (f) kain kasa nylon

Gambar 3.3 menunjukkan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel fotokatalis. Serbuk TiO<sub>2</sub> digunakan sebagai bahan katalis pada proses fotokatalisis dalam pendegradasian limbah zat warna tekstil. PEG 4000 digunakan

sebagai template serbuk  $\text{TiO}_2$ . Etanol digunakan sebagai pelarut PEG 4000. Resin digunakan sebagai bahan perekat campuran agar dapat terlapiskan dengan pada media kain kasa nilon. *Hardener* digunakan sebagai pengencer sekaligus pengeras lapisan. Serta kain kasa nilon sebagai media pelapisan campuran, yang kemudian disebut sebagai sampel fotokatalis.

### 3.2.3 Bahan Pembuatan Larutan Metilen biru

Pada penelitian ini limbah cair yang digunakan adalah hasil pengenceran metilen biru. Peralatan yang dibutuhkan dalam pengenceran ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.

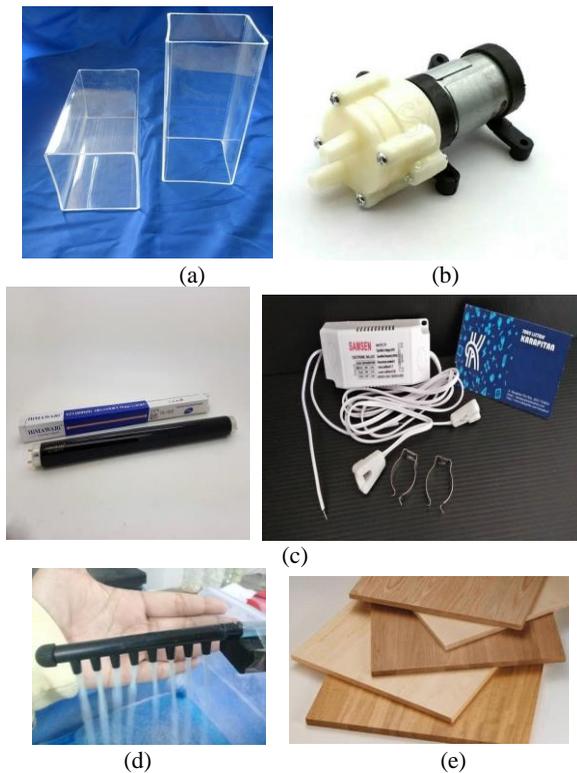


**Gambar 3. 4** Bahan pembuatan larutan metilen biru : (a) metilen biru ,  
(b) aquades

Gambar 3.4 menunjukkan bahan pembuatan larutan, yaitu metilen biru dalam bentuk serbuk digunakan sebagai zat warna. Air murni atau akuades digunakan sebagai pelarut serbuk metilen biru menjadi cair.

### 3.2.4 Bahan Rancang Bangun Reaktor Tipe *plug flow*

Reaktor pada penelitian ini adalah reaktor tipe *plug flow* sebagai tempat terjadinya proses fotokatalisis pada limbah cair tekstil, dengan alat dan bahan seperti pada Gambar 3.5.



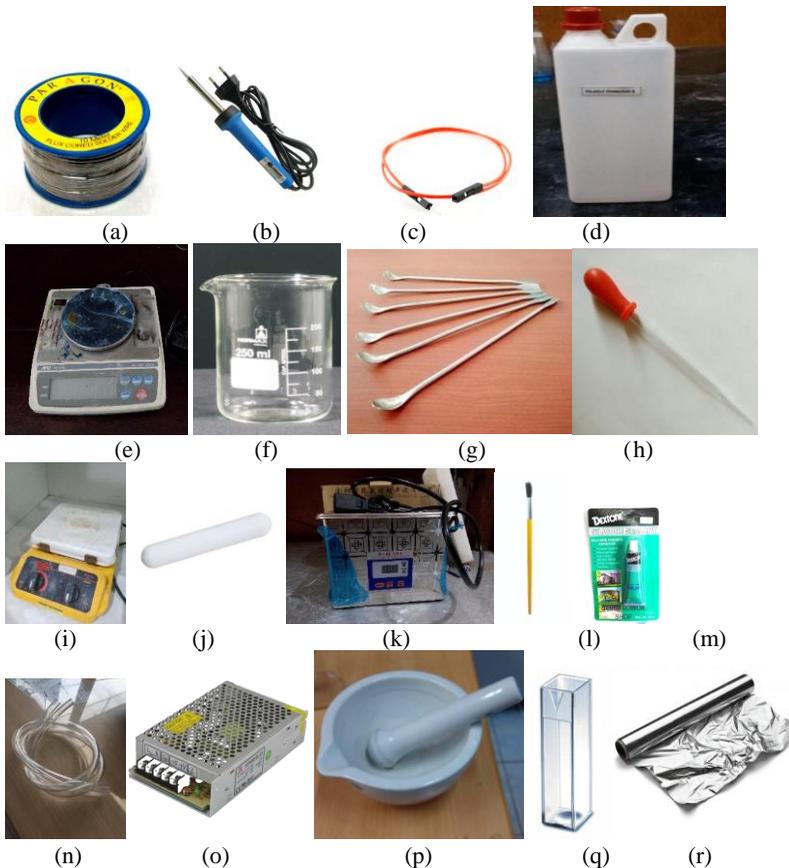
**Gambar 3. 5** Peralatan dan Bahan Pembuatan Reaktor Tipe *plug flow* :  
 (a) tangki akrilik, (b) pompa DC 12V, (c) lampu TL UV 10Watt dan trafo, (d)  
 pipa O<sub>2</sub> catcher, (e) kayu dan papan

Gambar 3.5 merupakan peralatan yang digunakan dalam perancangan reaktor. Tangki akrilik digunakan sebagai wadah limbah cair. Pompa DC digunakan sebagai pendorong dan pengatur kecepatan aliran limbah fluida. Lampu TL UV digunakan sebagai sumber cahaya ultraviolet pada proses katalis dan dilengkapi dengan trafo sebagai pengaman. Pipa O<sub>2</sub> catcher digunakan untuk pembagi aliran yang jatuh agar permukaan tetesan

lebih luas dan  $O_2$  yang terikat lebih banyak. Kayu dan papan sebagai media berdirinya reaktor dan penyangga  $O_2$  *catcher*.

### 3.2.5 Peralatan Pendukung

Sampel fotokatalis dalam penelitian ini dibuat dengan alat dan bahan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6



**Gambar 3. 6** Peralatan Pendukung : (a)timah, (b)soldel, (c)jumper, (d)alcohol 96%, (e)neraca digital, (f)gelas beaker, (g) spatula, (h) pipet tetes, (i) *Magnetic stirrer*, (j) *Stirrer bar*, (k) *Ultrasonic cleaner*, (l) kuas, (m) *sealant*, (n)selang, (o) power supply, (p) mortar, (q) *cuvet*, (r) Aluminium foil

Gambar 3.6 menunjukkan peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian. Timah digunakan sebagai perekat antar komponen dengan jumper dengan bantuan solder. Kabel *Jumper* digunakan sebagai penghubung antar komponen. Alkohol 96% digunakan sebagai larutan pembersih peralatan. Neraca digital digunakan dalam pengukuran massa bahan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Gelas Beaker digunakan sebagai wadah masing-masing bahan yang masih berupa serbuk maupun cair untuk kemudian dicampurkan. *Spatula* digunakan sebagai pengaduk campuran. Pipet tetes digunakan dalam pengambilan cairan etanol maupun alkohol. *Magnetic stirrer* digunakan dalam proses homogenisasi campuran. *Stirrer bar* digunakan sebagai pengaduk dalam gelas beaker yang telah diletakkan di atas *magnetic stirrer*. *Ultrasonic cleaner* digunakan pada kain kasa nilon agar bersih dari kotoran atau debu sebelum pelapisan. Kuas digunakan sebagai alat bantu dalam pelapisan campuran pada media kain kasa nilon. spatula sebagai pengaduk. *Sealant* digunakan sebagai penutup sela-sela tangki agar tak terjadi kebocoran. Selang digunakan sebagai penghubung antar tangki. Mortar digunakan untuk menumbuk serbuk larutan. Power supply sebagai sumber tegangan DC. Cuvet sebagai wadah larutan untuk dilakukan uji spektrofotometer serta aluminium foil sebagai pelapis bagian dalam reservoir 1.

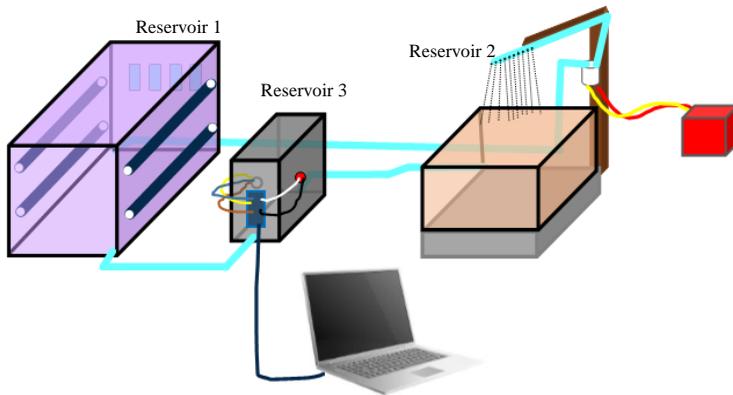
### **3.3 Langkah Kerja**

Terdapat tujuh langkah kerja dalam penelitian ini, yaitu perancangan reaktor fotokatalisis, perancangan sistem sensor, pembuatan sampel fotokatalis, pembuatan limbah cair metilen biru, kalibrasi alat ukur, proses fotokatalisis atau perlakuan penyinaran dan pengambilan data, serta uji degradasi larutan metilen biru..

#### **3.3.1 Perancangan Reaktor Fotokatalisis**

Reaksi fotokatalisis pendegradasian metilen biru dilakukan dengan suatu panel reaktor tipe *plug flow*. Reaktor terdiri dari tiga reservoir atau tangki yakni reservoir 1 terletak pada ruang fotokatalisis, reservoir dua terdapat pada ruang *O<sub>2</sub> catcher*, dan

reservoir tiga terdapat pada ruang sensor. Reservoir 1 berdimensi 25 cm x 15 cm x 15 cm dengan bahan akrilik. Reservoir 2 berkapasitas 3 liter dari bahan plastik. Serta reservoir 3 berdimensi 15 cm x 9 cm x 12 cm dari bahan akrilik. Reaktor dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7.



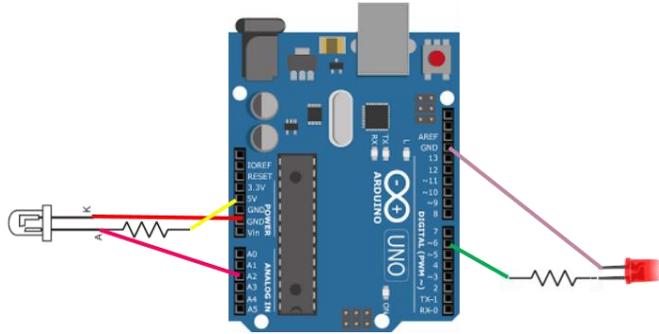
**Gambar 3.7** Reaktor Fotokatalisis

Gambar 3.7 merupakan skema reaktor fotokatalisis. Reservoir-reservoir tersebut dihubungkan oleh selang berdiameter 0,6 mm, sedangkan antara reservoir 1 dan 2 terdapat pompa DC 12V. Dari dasar reaktor (papan), reservoir 1 berjarak 0 cm, reservoir 2 berjarak 6 cm, dan reservoir 3 berjarak 0 cm. Jarak antara reservoir dan papan dasar ini bertujuan agar terjadi kontinuitas aliran fluida.

Ruang pertama atau yang kemudian disebut sebagai ruang fotokatalisis diberikan kondisi tertutup/terisolasi. Selain reservoir 1, didalam ruang fotokatalisis juga diletakkan 4 buah lampu TL UV 10 watt, dan dinding bagian dalam ruang dilapisi dengan *aluminium foil*. Trafo diletakkan luar ruang fotokatalis. Ruang kedua yang kemudian disebut sebagai ruang  $O_2$  catcher, reservoir dibiarkan dalam kondisi ruang terbuka. Bagian ini juga terdapat pompa DC 12 V dan pipa pembagi aliran. Ruang ketiga dikondisikan dalam keadaan kedap cahaya.

### 3.3.2 Perancangan Sistem Sensor

Sistem sensor dirancang dan dirangkai pada mikrokontroler yang ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Sistem Sensor dan Mikrokontroler

Gambar 3.8 menunjukkan rancangan sistem sensor fotodiode. Sistem sensor yang digunakan ialah sesuai dengan prinsip kerja *fotodiode*. Sensor *fotodiode* sebagai *receiver* dan *transmittennya* berupa lampu LED merah. Sensor *fotodiode* diletakkan pada reservoir ke 3. Kaki-kaki *fotodiode* dan LED juga dihubungkan ke arduino untuk mendapatkan output tegangan secara langsung. Kaki positif LED merah dihubungkan dengan resistor 330 ohm dan dipasang pada pin 6 arduino sedangkan kaki negatifnya dihubungkan pada gnd pin. Fotodiode kaki positif dihubungkan pada resistor 10K ohm kemudian dihubungkan pada pin 5V. Selain itu, kaki positif fotodiode juga dihubungkan pada pin A2 sebagai pembacaan data analog, sedangkan kaki negatifnya dihubungkan pada pin gnd.

### 3.3.3 Pembuatan Sampel fotokatalis

Sampel fotokatalis dalam percobaan ini merupakan katalisator dalam proses penjernihan larutan metilen biru. Pembuatan sampel fotokatalis dibuat dari pencampuran bahan-bahan yaitu  $\text{TiO}_2$ , PEG 4000, dan resin. Tahap awal, 1 gram PEG

4000 dilarutkan dengan Etanol 5 mL agar menjadi homogen dan tekstur lembut. 2 gram  $\text{TiO}_2$  ditambahkan pada campuran PEG diaduk dengan spatula, 4 gram resin ditambahkan dan diaduk. Semua bahan dicampur pada gelas beaker dan ditambahkan hardener 1,3 gram. Campuran diletakkan diatas *magnetic stirrer*, diatur suhu sebesar  $0^\circ\text{C}$ , dan kecepatan 10 rps.

Setelah 60 menit, campuran diangkat dari *magnetic stirrer*. Media kain kasa nilon dengan ukuran 6 cm x 15 cm telah disiapkan sebelumnya dengan cara disterilkan menggunakan *Ultrasonic cleaner* dan alkohol selama 3 menit dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di dalam ruangan. Campuran yang telah siap, kemudian dilapiskan pada media kain kasa nilon dengan cara disapukan dengan kuas hingga merata. Campuran dapat dilapiskan pada dua lembar kain kasa nilon. Sampel fotokatalis yang telah kering dapat dilihat pada Gambar 3.9.



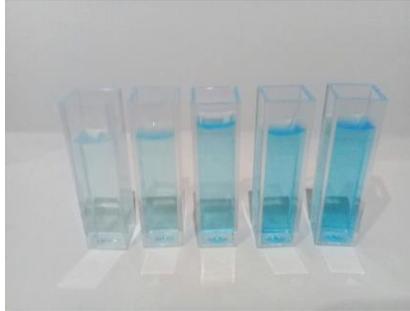
**Gambar 3. 9** Sampel fotokatalis

Gambar 3.9 merupakan gambar sampel fotokatalis yang telah siap digunakan dalam reaksi fotokatalisis. Sampel fotokatalis telah dijemur didalam ruangan selama 12 jam agar kering dan campuran merekat sempurna pada media kain kasa nilon.

### **3.3.4 Pembuatan dan Karakterisasi Larutan Metilen biru**

Pada penelitian ini digunakan metilen biru yang telah diencerkan. Pengenceran metilen biru dilakukan dengan melarutkan serbuk metilen biru sebagai sumber pewarna biru

dalam aquades sebagai larutan pengencer. Larutan metilen biru dibuat dari 1 ppm hingga 5 ppm seperti pada Gambar 3.10.



**Gambar 3. 10** Larutan metilen biru 1ppm, 2ppm, 3ppm, 4ppm, dan 5ppm

Gambar 3.10 menunjukkan larutan metilen biru 1ppm hingga 5ppm. Satu kali proses membutuhkan 5 liter larutan dengan konsentrasi 5 ppm sehingga dibutuhkan 0,05 gram metilen biru terlarut, sesuai dengan persamaan berikut:

$$ppm = \frac{a \text{ mg}}{b \text{ L}} \quad (3.1)$$

Pertama, 0,05 gram metilen biru dilarutkan dalam 10 liter akuades untuk mendapatkan nilai 5 ppm. Selanjutnya untuk membuat metilen biru cair dengan konsentrasi 1ppm, 2 ppm, 3 ppm, dan 4 ppm sebagai bahan kalibrasi alat ukur dilakukan pengenceran kembali, sesuai dengan persamaan:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (3.2)$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad (3.3)$$

### 3.3.5 Kalibrasi Alat Ukur Fotodegradasi

Kalibrasi alat ukur dilakukan dengan membandingkan nilai konsentrasi larutan metilen biru dengan nilai absorbansi dan tegangan. Selanjutnya dilakukan regresi linear dari perbandingan keduanya dan didapatkan persamaan linear.

### 3.3.6 Proses Fotokatalisis dan Pengambilan Data

Reaksi fotokatalisis berlangsung pada reservoir 1 yang diisi larutan metilen biru 5 ppm sebanyak 5 liter. Sisi kanan dan sisi kiri

tangki diletakkan masing-masing dua lampu TL UV 10 watt sebagai sumber cahaya dalam proses fotokatalisis. Bagian dalam dinding reservoir 1 dilapisi *aluminium foil* agar panas dari lampu tidak tersebar keluar dan terhindar dari adanya cahaya luar yang masuk maupun keluar. Sampel fotokatalis disusun sejajar dalam satu baris sebanyak enam lembar secara vertikal. Sampel fotokatalis disusun pada media datar dan dimasukkan ke dalam tangki secara vertikal. Reservoir 1 ditutup dan dipastikan udara maupun cahaya dari luar tidak dapat masuk. Pada reservoir 2, tangki 2 diatur ketinggiannya dari permukaan papan sejauh 6 cm dan *O<sub>2</sub> catcher* diatur agar tepat berada diatas tangki. Pada reservoir 3, sensor *photodiode* dipasang bersebrangan dengan LED warna merah dengan jarak 9 cm (sejauh lebar tangki 3) dan dihubungkan pada mikrokontroler sehingga data akan terbaca pada monitor setiap 60 menit sekali.

Lampu TL-UV disambungkan pada sumber arus PLN serta pompa DC 12V dihubungkan pada *power supply* dengan tegangan 12V. Setiap 60 menit, dilakukan pengambilan *larutan* dari reservoir 2 menggunakan pipet dan dimasukkan kedalam wadah penyimpanan. Diwaktu yang bersamaan, monitor akan membaca data dari *photodiode*. Dari wadah penyimpanan, larutan akan dipindahkan kedalam *cuvet* yang telah disterilkan dengan alkohol dan dimasukkan dalam spektrofotometer UV-vis. Layar monitor akan menunjukkan nilai absorbansi. Langkah-langkah tersebut diulang untuk variasi debit pada pompa DC 12V yang berbeda yakni 7,2 mL/s, 5,9 mL/s, dan 4,4 mL/s. Variasi debit didapatkan dengan mengkalibrasi pompa yaitu mengalirkan 250mL air menggunakan pompa yang diberi input tegangan berbeda yakni 12V, 10V, dan 8V.

### 3.3.7 Uji degradasi Larutan Metilen biru

Larutan metilen biru yang telah diproses, diuji degradasi menggunakan spektrofotometer dan sensor fotodiode. Pada uji spektrofotometer larutan metilen biru dimasukkan kedalam *cuvet* hingga batas leher *cuvet*. Ruang spektrofotometer terdapat empat slot larutan uji sehingga dapat diisi dengan empat larutan berurutan

yaitu hasil 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam penyinaran. Selanjutnya, *software UV-vis* dijalankan dan dipilih “abs” sehingga data nilai absorbansi pada rentang panjang gelombang 350-850 dapat diakuisisi dalam bentuk excel, kemudian dilanjutkan untuk pengukuran larutan jam berikutnya hingga jam ke-20. Nilai absorbansi kemudian dikonversi menjadi nilai konsentrasi.

Uji degradasi dengan sensor *photodiode* dilakukan pada reservoir 3 secara *realtime* dengan rentang jeda setiap 60 menit penyinaran dengan total waktu penyinaran selama 20 jam. Data yang didapat berupa nilai tegangan (volt) dan dikonversi menjadi nilai konsentrasi. Data yang telah didapat kemudian dibuat grafik perbandingan masing-masing variasi debit pompa serta perbandingan nilai konsentrasi antara spektrofotometer dan sensor *photodiode*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pemilihan Bahan Media Sampel fotokatalis

Bahan media sampel fotokatalis yang digunakan pada penelitian ini adalah kain kasa jenis nilon. Kain kasa dipilih karena susunan antara benang penyusunnya renggang sehingga memungkinkan adanya aliran fluida di sela-sela rongganya dibanding sampel fotokatalis pada penelitian terdahulu yaitu sifon. Sedangkan jenis nilon dipilih karena kekokohan dan kekakuannya. Sebelum dipilih kain kasa nilon, dalam penelitian ini telah dilakukan uji coba pada beberapa jenis material seperti kain tulle, kasa medis, kawat penyaring, serta kain brukat. Kain-kain ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



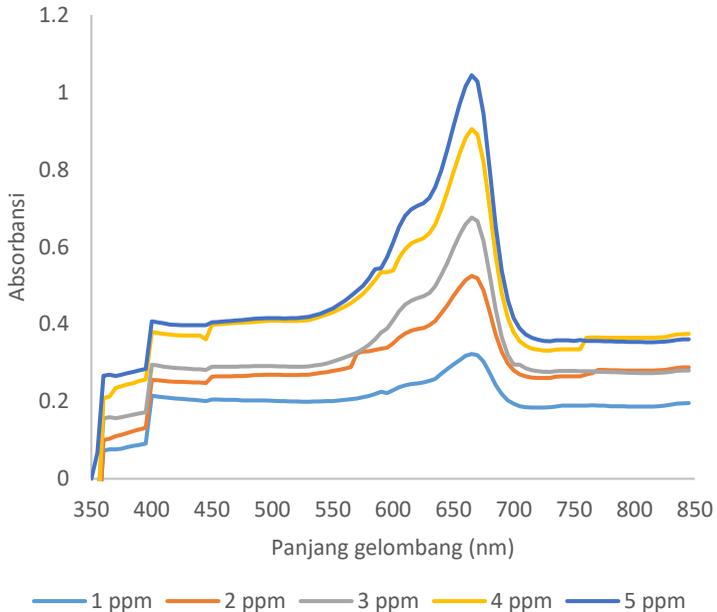
**Gambar 4.1** Jenis kain: (a) tulle, (b) kasa medis, (c) kawat penyaring, (d) brukat, (e) kasa nilon

Gambar 4.1 menunjukkan jenis kain yang dipertimbangkan untuk digunakan. Kain tulle memiliki rongga yang kecil dengan kontur yang kurang kaku dan elastis sehingga cenderung lebih susah tegak ketika diletakkan di reaktor. Sifatnya yang fleksibel dan elastis membuat lapisan  $\text{TiO}_2$  menjadi mudah terlepas. Kasa medis memiliki sifat yang hamper sama dengan kain tulle, namun memiliki rongga lebih besar dan kurang kokoh, dan formasi rongga yang tersusun atas pintalan benangnya mudah bergeser sehingga lapisan menjadi kurang merata dan mudah terlepas. Kawat penyaring, rongga teratur serta tekstur kaku dan kokoh, namun ketika dimasukkan dalam limbah tekstil terjadi korosi atau berkarat dibagian yang tidak terlapis campuran sehingga kemudian, kawat penyaring tidak digunakan, sedangkan untuk kain brukat, meskipun memiliki tekstur kokoh tetapi format pintalan tidak teratur dan terdapat bagian pintalan yang lebih tebal sehingga terjadi penyerapan berlebih dan tidak merata pada campuran yang dilapiskan.

Dari beberapa percobaan tersebut, dipilih kain kasa jenis nilon karena teksturnya yang kokoh dan kaku namun tetap fleksibel, formasi rongga yang teratur, serta bahan nilon yang tidak mudah terkorosi, murah, dan mudah ditemukan.

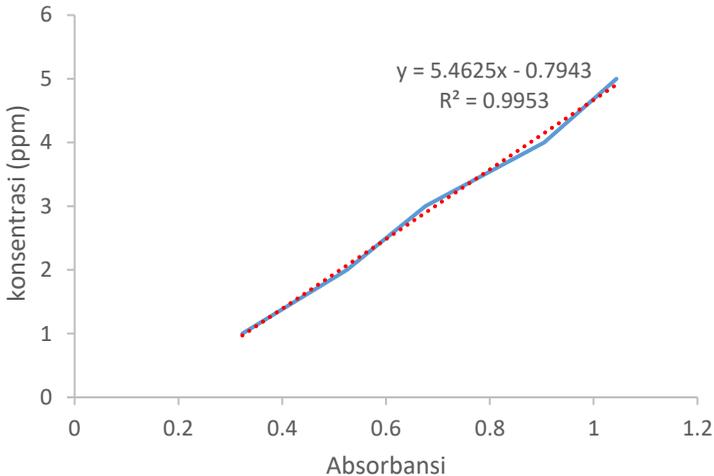
## **4.2 Uji Kalibrasi Larutan Metilen biru**

Kalibrasi larutan metilen biru dilakukan pada konsentrasi 1 ppm hingga 5 ppm tanpa melalui proses. Larutan diuji satu persatu menggunakan spektrofotometer untuk mendapatkan nilai absorbansi. Panjang gelombang yang terbaca pada spektrofotometer ditentukan pada rentang nilai 350 nm sampai 850 nm. Spektrum absorbansi yang merupakan hasil dari uji larutan dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Spektrum absorbansi uji kalibrasi spektrofotometer

Gambar 4.2 menunjukkan absorbansi masing-masing konsentrasi. Dapat diketahui bahwa setiap konsentrasi memiliki nilai absorbansi yang berbeda, dimana semakin besar nilai ppm maka semakin besar nilai absorbansinya, begitupun sebaliknya. Hal ini menyatakan bahwa intensitas cahaya yang diserap oleh larutan dengan konsentrasi tinggi lebih banyak dari pada cahaya yang ditransmisikan. Sedangkan pada larutan dengan nilai ppm lebih rendah intensitas cahaya yang diserap oleh larutan lebih sedikit sedangkan yang ditransmisikan lebih banyak. Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi pada kalibrasi spektrofotometer ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Regresi linear absorbansi dan ppm

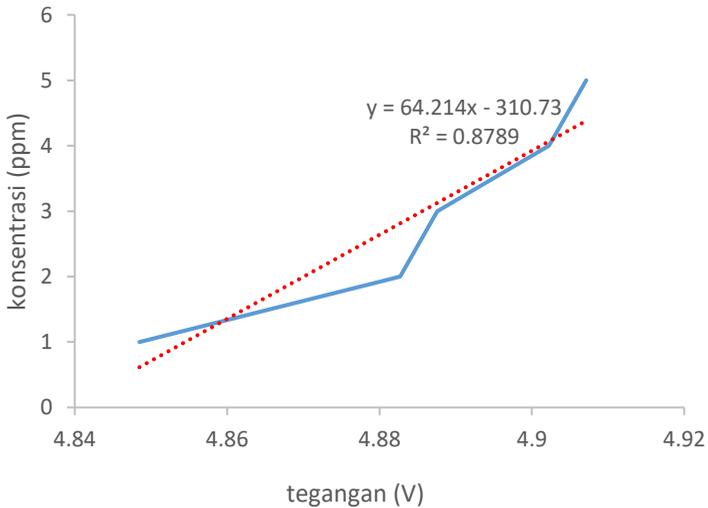
Gambar 4.3 menunjukkan regresi linear antara konsentrasi dan absorbansi. Nilai absorbansi diambil dari nilai absorbansi tertinggi atau titik puncak grafik dalam rentang panjang gelombang yang ditentukan. Setiap larutan memiliki titik puncak nilai absorbansi pada panjang gelombang yang sama, yaitu 665nm. Panjang gelombang tersebut dijadikan acuan dalam kurva standar larutan. Dapat diketahui persamaan regresi yaitu

$$y = 5,4625x - 0,7943 \quad (4.1)$$

dan koefisien relasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9953. Persamaan 4.1 digunakan sebagai acuan untuk mengetahui nilai konsentrasi (y) pada larutan yang telah melalui proses dari nilai absorbansinya yang merupakan variabel (x).

Kalibrasi sensor fotodiode dilakukan perbandingan antara nilai ppm dengan tegangan. Pada pengambilan data, sensor fotodiode harus dalam keadaan kedap cahaya luar sehingga ruang reservoir tiga dibuat terisolasi. Hal ini karena dapat mengganggu pembacaan terhadap sumber cahaya LED merah. Semakin tinggi

konsentrasi larutan, maka semakin tinggi nilai tegangan yang dibaca fotodiode. Tegangan yang terbaca tidak dibandingkan dengan nilai absorbansi karena yang dibutuhkan adalah mendapatkan nilai ppm larutan secara langsung. Berdasarkan perbandingan tegangan dan konsentrasi, didapatkan grafik regresi linear seperti pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Regresi linear tegangan dan ppm

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan konsentrasi dengan tegangan dan regresinya. Persamaan regresi antara konsentrasi dan tegangan yaitu

$$y = 64,214x - 310,73 \quad (4.2)$$

dan koefisien relasi ( $R^2$ ) sebesar 0,8789. Persamaan 4.2 digunakan sebagai acuan untuk mengetahui nilai konsentrasi ( $y$ ) pada larutan yang telah melalui proses dari nilai tegangannya yang merupakan variabel ( $x$ ).

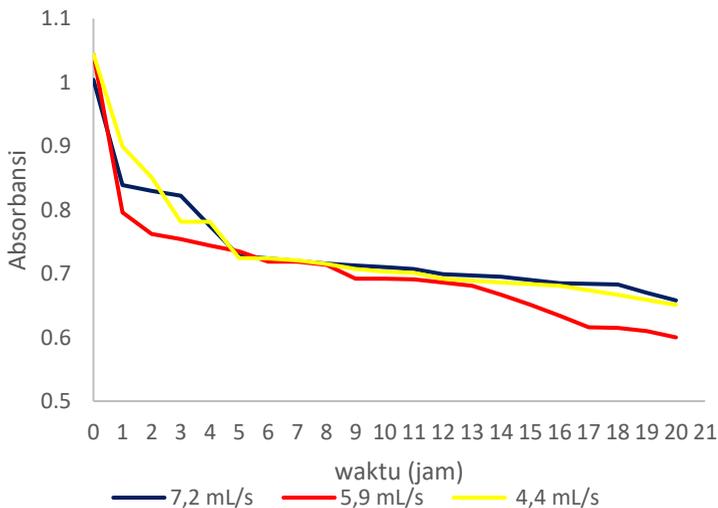
### 4.3 Analisis Uji Larutan Metilen biru

Uji larutan metilen biru dengan reaktor fotokatalisis dilakukan selama 20 jam. Pengukuran degradasi menggunakan

spektrofotometer dilakukan dengan pengambilan larutan setiap satu jam penyinaran sekali pada suatu wadah menggunakan pipet. Larutan yang diambil adalah larutan dari reservoir 2. larutan dipindahkan kedalam *cuvet* yang telah disterilkan dengan alkohol dan dikeringkan menggunakan pipet hingga batas leher *cuvet*.

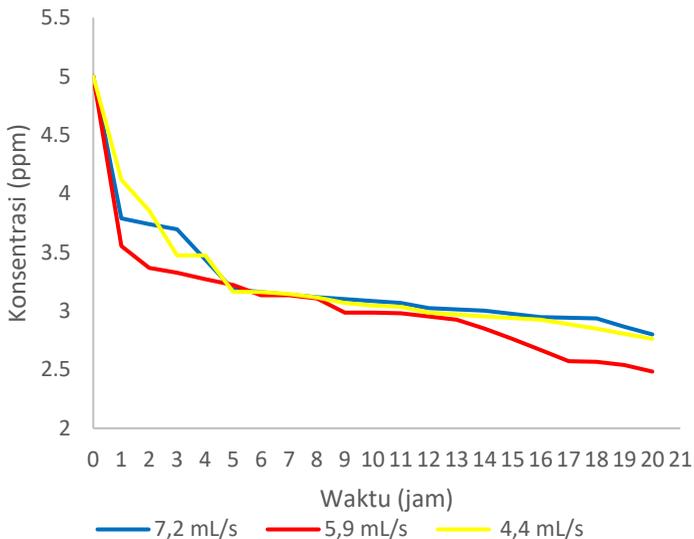
Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dari spektrum degradasi Metilen biru ialah *cuvet* yang digunakan sebagai media wadah uji larutan. Permukaan *cuvet* harus dipastikan bersih dan tidak ada goresan sama sekali agar cahaya pada ruang spektrofotometer dapat di transmisikan dengan baik. Bagian dalam *cuvet* juga harus disterilkan dan di keringkan hingga tidak ada material lain yang tersisa didalamnya.

Untuk memudahkan analisis, nilai absorbansi diambil pada puncak panjang gelombang 665 nm karena pada panjang gelombang tersebut nilai absorbansi berada pada nilai tertinggi. Grafik hubungan absorbansi terhadap waktu pada uji larutan metilen biru masing-masing variasi debit fluida ditunjukkan oleh Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Absorbansi metilen biru pada puncak gelombang 665nm

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai absorbansi semakin menurun seiring dengan pertambahan waktu penyinaran. Namun grafik cenderung landai setelah jam ke-5. Selanjutnya nilai absorbansi terhadap waktu pada masing-masing data dan variasi dikonversi menjadi nilai konsentrasi terhadap waktu menggunakan persamaan (4.1) dan didapatkan hubungan nilai konsentrasi (ppm) dengan waktu penyinaran seperti pada Gambar 4.6.

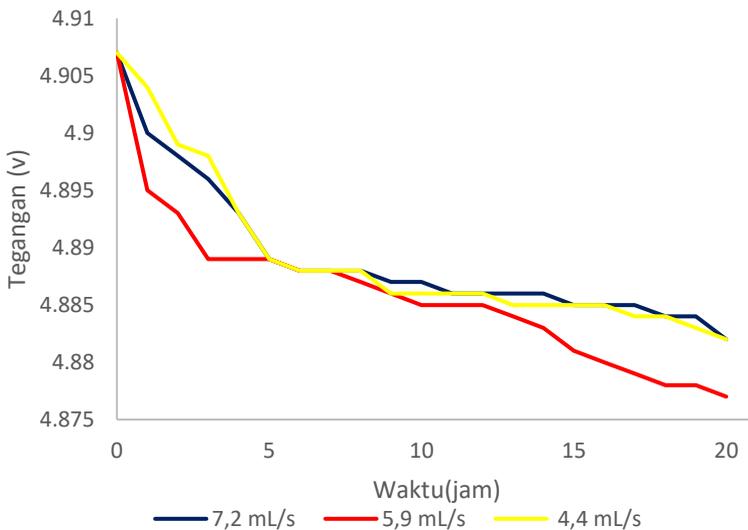


**Gambar 4.6** Hubungan konsentrasi dan waktu penyinaran uji spektrofotometer

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan konsentrasi terhadap waktu dari uji larutan yang diambil selama proses pada masing-masing variasi debit. Konversi ini dilakukan untuk mengetahui penurunan konsentrasi pada larutan metilen biru yang telah diproses terhadap waktu penyinaran. Konsentrasi larutan metilen biru semakin semakin menurun seiring bertambahnya waktu. Penurunan signifikan terjadi pada jam pertama dan terus menurun hingga jam berikutnya. Namun pada jam ke-5 hingga jam ke-12

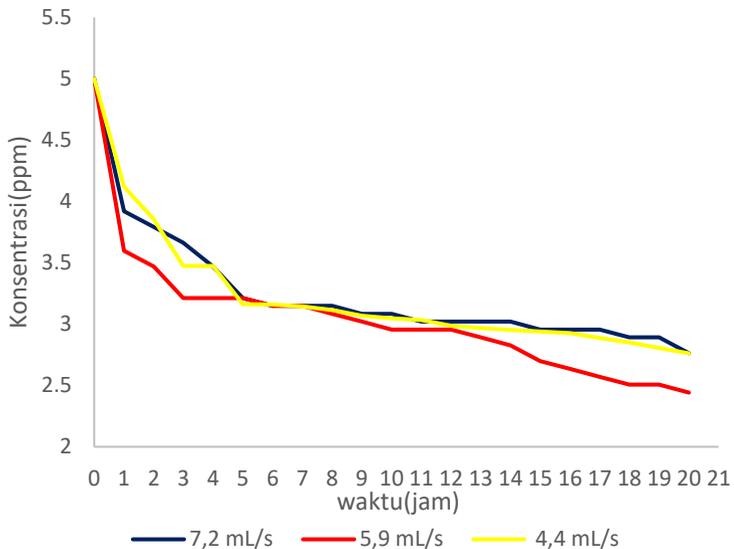
grafik cenderung landai. Hal ini dikarenakan sampel fotokatalis telah jenuh sehingga grafik kembali turun di jam berikutnya.

Pengukuran degradasi menggunakan sensor fotodiode dilakukan secara *realtime* pada reservoir 3 dengan keadaan terisolasi. LED merah dipilih sebagai sumber cahaya karena absorbansi terbaik metilen biru berada pada spektrum merah (665 nm). Grafik yang didapatkan sesuai dengan grafik pada uji absorbansi yang dapat dilihat di Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Hubungan tegangan dan waktu penyinaran menggunakan sensor fotodiode

Gambar 4.7 merupakan grafik hubungan antara tegangan yang terbaca pada sensor fotodiode dan waktu penyinaran. Degradasi terbesar terjadi pada 1 jam pertama penyinaran dan mulai landai di jam ke-5. Selanjutnya nilai tegangan pada masing-masing data dan variasi dikonversi menjadi nilai konsentrasi menggunakan persamaan (4.2) dan didapatkan hubungan nilai konsentrasi (ppm) dengan waktu penyinaran seperti pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Hubungan Konsentrasi dan Waktu Penyinaran Menggunakan Sensor Fotodiode

Gambar 4.8 merupakan grafik hubungan antara waktu dengan konsentrasi pada masing-masing variasi debit

#### 4.4 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan  $O_2$  catcher sebagai penangkap atau pengikat oksigen bebas dari udara dengan asumsi bahwa semakin banyak oksigen maka produk degradasi juga semakin meningkat sehingga proses degradasi limbah cair metilen biru semakin cepat dan efektif. Adanya oksigen dapat dilihat dari adanya gelembung-gelembung udara pada reservoir 2 yang tampak pada Gambar 4.9.

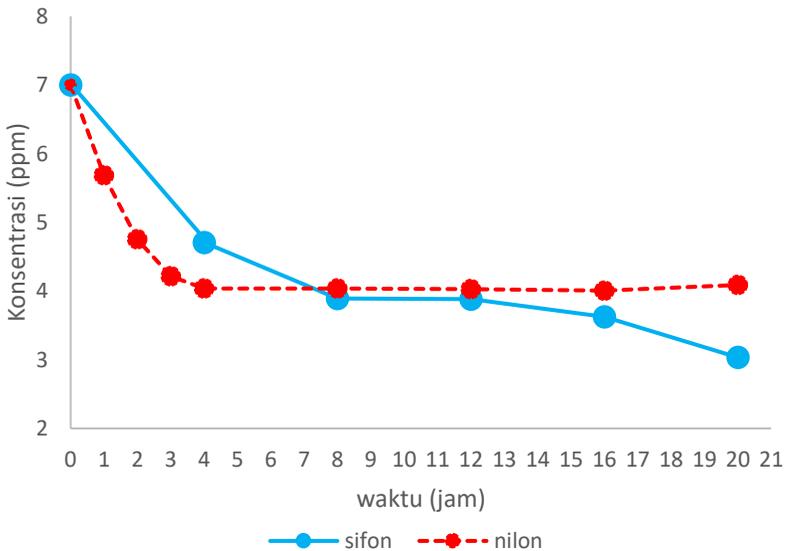


**Gambar 4.9** Gelembung udara

Gambar 4.9 menunjukkan adanya gelembung pada permukaan larutan setelah melewati *O<sub>2</sub> catcher*. Variasi debit 7,2 mL/s menghasilkan degradasi larutan metilen biru sebesar 24% pada jam pertama, berlanjut hingga 36% di jam ke-5 dan pada jam ke-20 terdegradasi sebesar 44% pada angka 2,8 ppm. Variasi debit 5,9 mL/s mendegradasi larutan metilen biru sebesar 29% pada jam pertama, berlanjut hingga 36% di jam ke-5 dan pada jam ke-20 terdegradasi sebesar 50% pada angka 2,48 ppm. Variasi debit 74,4 mL/s mendegradasi larutan metilen biru sebesar 18% pada jam pertama, berlanjut hingga 37% di jam ke-5 dan pada jam ke-20 terdegradasi sebesar 45% pada angka 2,76 ppm. Dari persentase penurunan dan grafik, variasi debit 5,9 mL/s memiliki hasil yang lebih baik dibanding kedua variasi lainnya. Hal ini karena debit mempengaruhi kontak fisik larutan dengan sampel fotokatalis dalam ruang katalis sehingga proses katalis juga terpengaruh. Aliran fluida yang terlalu cepat atau lambat membuat proses katalisis tidak bekerja secara maksimum dalam pendegradasian larutan metilen biru.

Penelitian sebelumnya oleh Vitria Aini, digunakan kain sifon sebagai media pelapisan (sampel fotokatalis) dengan konsentrasi

larutan awal 7 ppm. Penelitian tersebut menghasilkan degradasi larutan metilen biru sebanyak 2 ppm dalam waktu empat jam pertama, dan 20 jam selanjutnya turun sebesar 2 ppm. Selanjutnya, agar didapatkan perbandingan yang lebih presisi, maka dilakukan uji pada konsentrasi awal 7 ppm untuk sampel fotokatalis kain kasa nilon dan didapatkan hasil perbandingan degradasi metilen biru dengan penelitian sebelumnya seperti pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Perbandingan degradasi metilen biru kain kasa nylon dengan kain sifon

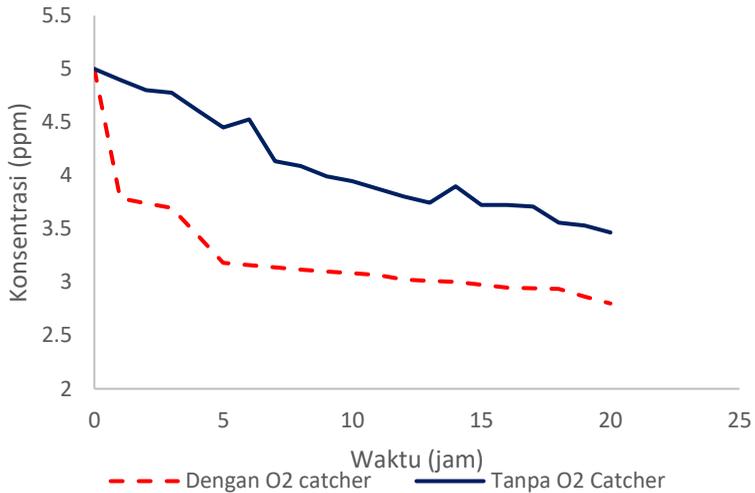
Gambar 4.10 menunjukkan perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya. Jika dibandingkan dengan nilai konsentrasi awal yang sama yaitu 7 ppm dan dengan debit yang sama (7,2 mL/s), hasil dari penelitian menggunakan kain kasa nilon mampu mendegradasi lebih cepat dan lebih efektif karena dalam 1 jam pertama mampu mendegradasi dari 7 ppm menjadi 5,7 ppm (pada variasi debit 7,2 mL/s) atau berkurang 1,3 ppm dan dalam 4 jam

pertama grafik kain kasa nilon lebih rendah (degradasi lebih besar) dibanding grafik kain sifon (Aini,2019).

Pengembangan reaktor dengan penggunaan kain kasa nilon juga berpengaruh dalam proses fotokatalisis. Kain kasa nilon memiliki pola pintalan dengan jarak antar benang yang jarang-jarang. Jarak pintalan ini memungkinkan larutan dapat mengalir melewati sela-sela pintalan dan semakin memperbanyak atau memperluas kontak permukaan antara sampel fotokatalis dengan larutan.

Dari sisi komposisi pembuatan sampel fotokatalis, satu porsi pelapisan pada penelitian sebelumnya digunakan untuk mendegradasi larutan sebanyak 500 mL. penelitian ini menggunakan tiga porsi pelapisan untuk mendegradasikan larutan sebanyak 5 liter (10 kali lebih banyak). Dengan asumsi komposisi yang sama, kain kasa nilon yang terlapisi akan memiliki luas permukaan yang lebih besar dibanding kain sifon. Selain itu, adanya jarak antar pintalan benang pada kasa nilon membuat fluida dapat dengan mudah melewati sampel fotokatalis dan terjadi kontak permukaan yang lebih besar. *O<sub>2</sub> catcher* pada reaktor ini memiliki fungsi sebagai penambah kandungan oksigen. Sesuai dengan persamaan (2.4) oksigen berperan membawa elektron yang terhambur dari TiO<sub>2</sub>. Adanya sistem *catcher* atau pancuran, membuat larutan yang keluar dari pipa pembagi aliran dapat mengikat kandungan oksigen di udara lebih banyak. Oksigen memiliki daya oksidasi untuk menghancurkan polutan dan mikroorganisme. Sehingga semakin banyak oksigen terlarut dalam larutan metilen biru, maka semakin kuat daya oksidasi sampel fotokatalis, dan kinerja fotokatalisis lebih optimal.

Oksigen memiliki peranan yang cukup besar pada proses fotokatalisis. Selain bereaksi secara langsung dengan elektron membentuk radikal superoksida ( $O_2^-$ ), oksigen juga dapat berikatan dengan atom hidrogen dan membentuk H<sub>2</sub>O, dimana H<sub>2</sub>O ini akan diinisiasi oleh h<sup>+</sup>(hole) sebagai oksidator, sehingga keberadaan oksigen dapat mempengaruhi proses fotokatalisis. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Perbandingan degradasi metilen biru dengan dan tanpa instalasi *O<sub>2</sub> catcher*

Gambar 4.11 menunjukkan perbandingan degradasi antara reaktor tanpa dan dengan instalasi *O<sub>2</sub> catcher* dengan debit yang sama yaitu 5,9 mL/s. Penggunaan *O<sub>2</sub> catcher* menunjukkan hasil degradasi yang lebih stabil, lebih cepat, dan lebih besar.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang dan dibuat reaktor fotokatalisis tipe *plug flow* dengan instalasi *O<sub>2</sub> catcher*. Reaktor fotokatalisis memiliki kapasitas sebesar 5 liter dan sensor fotodegradasi yang mampu membaca degradasi secara *realtime*.
2. Reaktor fotokatalisis (fotodetektor sebagai *receiver* dan LED merah sebagai sumber cahaya) mampu mengukur tingkat degradasi larutan metilen blue.
3. Degradasi terbesar terjadi pada 1 jam pertama yaitu untuk debit 7,2 mL/s sebesar 24%, 5,9 mL/s sebesar 29%, dan 4,4 mL/s sebesar 18% sedangkan selama 20 jam degradasi untuk debit 7,2 mL/s sebesar 44%, 5,9 mL/s sebesar 50%, dan 4,4 mL/s sebesar 45%.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian reaktor fotokatalis tipe *plug flow* menggunakan katalis sampel fotokatalis kain kasa nilon instalasi *O<sub>2</sub> Catcher* berikutnya antara lain:

1. Pemberian inlet oksigen atau gelembung udara dari dalam reservoir 1 agar oksigen terikat lebih banyak.
2. Jumlah sampel fotokatalis TiO<sub>2</sub> diperbanyak.
3. Setiap 5 jam penyinaran sampel fotokatalis diganti dengan sampel fotokatalis baru, sementara sampel fotokatalis yang telah digunakan diistirahatkan terlebih dahulu untuk kemudian digunakan ulang.
4. Sampel fotokatalis yang telah digunakan selama 5 jam, diberi variasi perlakuan seperti dicuci, dijemur dibawah matahari, diangin-anginkan, atau direndam dalam akuades dalam kurun waktu tertentu.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Vitria. 2019. “*Rancang bangun reaktor fotokatalisis tipe plug flow sebagai media fotodegradasi methylene blue*”. Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Amemiya, S., 2004. “*Titanium Oxide Photocatalyst. Technical News*”. Tokyo: Three Bond
- Anjaswati, Irma Tri. 5 Oktober 2013. “*Sensor Photodiode*”. [http://irmatrianjaswati.fst11.web.unair.ac.id/artikel\\_detail-84996-Sensor-sensor%20photodiode.html](http://irmatrianjaswati.fst11.web.unair.ac.id/artikel_detail-84996-Sensor-sensor%20photodiode.html). Diakses tanggal 10 september 2019
- Berneth H. 2008. *Azine dyes. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 475–514. doi:10.1002/14356007.a03\_213.pub3.
- Bloomfield, Louis. 2006. *How Things Work: The Physics of Everyday Life (Third Edition)*. USA: John Wiley & Sons
- Dong, Shuying, et, all,. 2015. “*Recent developments in heterogeneous photocatalytic water proses using visible-light-responsive photocatalysts*”. A review Royal Society of Chemistry. 1-75.
- Endang, Palupi. 2006. “*Degradasi Methylene blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO<sub>2</sub>*”. Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Fingky, Jefri. 2011. “*Degradasi Fotokatalitik Surfaktan Nals ( Natrium Lauril Sulfat ) dengan Kombinasi Reagen Fenton dan TiO<sub>2</sub>*”. Skripsi. Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Surabaya.
- Fontana, Fabrizio .2005. “*Role of hydrostatic paradoxes towards the formation of the scientific thought of students at academic level*”. Europa: *European Journal of Physics* (6)

- Garland, Carl W., Nibler, Joseph W., Shoemaker, David P. 2003. *“Experiments In Physical Chemistry”*. New York: Mc Graw-Hill Companies, Inc
- Greenwood, N.N dan Earnshaw, A. 1997. *“Chemistry of The Elements”*. Oxford: Second Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House. Jordan Hill
- Gunlazuardi, J. 2000. *“Fotoelektrokatalis untuk Detoksifikasi Air, Prosiding”*. Seminar Nasional Elektrokimia, 1-21.
- Kemenperin, 2019. Lampau 18 Persen, Industri Tekstil dan Pakaian Tumbuh Paling Tinggi. <https://kemenperin.go.id/artikel/20666/Lampau-18-Persen%2C-Industri-Tekstil-dan-Pakaian-Tumbuh-Paling-Tinggi>. Diakses tanggal 15 oktober 2019
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1998. *“Encyclopedia of Chemical Engineering Technology”*. New York : Fourth Edition, The Interscience Publisher Division of John Wiley and Sons Inc.
- Kosswig, K. 2000. Surfactants. In: Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 487–505. doi:10.1002/14356007.a25\_747
- Linsebigler, A.L., Lu, G., Yates, J.T. 1995. *“Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surface: Principles, Mechanism, and Selected Result”*. Chem.
- Nasution, Nurmalia., dkk. 2015. *“Implementasi Sensor Fotodiode sebagai Pendeteksi Serapan Sinar Infra Merah pada Kaca”*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, 3, 2, 111-116.
- Pantone, 2019. Warna Pantone tahun 2020. <https://www.pantone.com/color-intelligence/color-education/digital-wallpaper>. Diakses tanggal 20 desember 2019.
- Rafiuddin Syam, PhD. 2013. *“Dasar Dasar Teknik Sensor Untuk beberapa kasus sederhana”*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Ramadhani, Robi. 2012. *“Semikonduktor”*. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.

- Renita Manurung, Rosdanelli Hasibuan dan Irvan. 2004. “*Perombakan Zat Warna Azo Reaktif secara Anaerob-Aerob*”. e-USU Repository © 2004 Universitas Sumatera Utara. Hlm. 1-19.
- Rojnuckarin, Atipat. 1993. *Optimal Control Of A Plug flow Reaktor With A Complex Reaction Mechanism*. New Jersey : Princeton University
- Schirmer RH, Adler H, Pickhardt M, Mandelkow E (2011). “Lest we forget you - metilen biru...” *Neurobiol Aging*, 32:2325.e72325.e16.doi:10.1016/j.neurobiolaging.2010.12.012
- Slamet, Bismo, S., & Arbianti,R,. 2007. “ *Modifikasi Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan TiO<sub>2</sub> serta Aplikasinya sebagai Bahan Adsorben dan Fotokatalis untuk Degradasi Polutan Organik*”. DIKTI- Laporan Hibah Bersaing
- Sopyan, I. 1998. “*Fotokatalisis Semikonduktor : Teori dan Terapan,*” Majalah BPTT Teknologi., Volume LXXXVII, Jakarta.
- Spellman, Frank R..2005. “*Environmental engineer's mathematics handbook*”. CRC Press.
- Sumerta, I Kadek., Wijaya, Karna.\, & Tahir, Iqmal. 2002. “*Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO<sub>2</sub>-Montmorilonit dan Sinar UV*”. Seminar Nasional Pendidikan Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta.Yogyakarta.
- Tokheim, Roger L. 2008. *Digital Electronics Principles & Application*. Jilid 7. New York : Mc-Graw Hill Company
- Wang W, Gu B, Liang L, Hamilton WA, Wesolowski DJ. 2004. “*Synthesis of Rutil ( $\alpha$ -TiO<sub>2</sub>) Nanocrystals with Controlled Size and Shape by Low-Temperature Hydrolysis: Effects of Solvent Composition*”. *J.Phys.Chem.B*; 108: 14789-92. DOI: 10.1021/jp0470952
- Widodo. 2006. “*Cara Belajar Sendiri Membuat Rangkaian Elektronika*”. Jakarta : PT. Elex Media Computindo

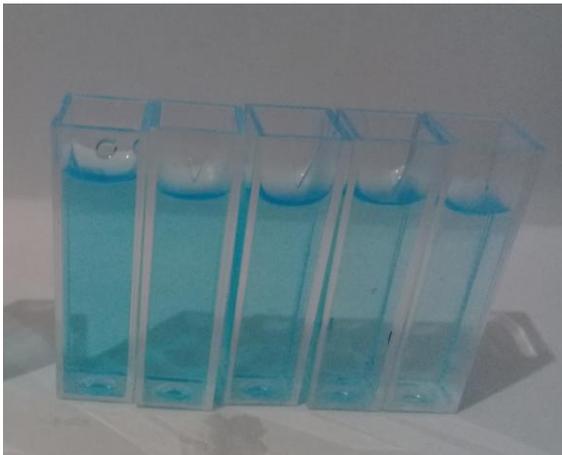
- Yan, G., Zhang, M., Hou, J., Yang, J. 2011. "*Photoelectrochemical and Photocatalytic Properties of N+S Co-Doped TiO<sub>2</sub> Nanotube Array Films Under Visible Light Irradiation*". *Mat. Chem. Phys.* 129, 1-2, 553-557.
- Zharvan, V., R. Daniyati, N. Ichsan, G. Yudoyono, Darminto. 2015. "*Fabrikasi Lapisan TiO<sub>2</sub> menggunakan Metode Spin-Coating dengan Variasi Pengadukan dan Karakterisasi Sifat Optisnya*". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Zhewen Lu et al. 2017. *A High-Pressure Plug flow Reaktor for Combustion Chemistry Investigations*. Australia: Melbourne University
- Zsolt, Pap. 2011. "*Synthesis, Morpho-structural Characterization and Enveronmental Aplication of Titania Photocatalysts Obtained by Rapid Crystallization*". Ph.D Dissertation. University of Szeged, Babes-Bolyai University. Szaged, Hungary, Cluj-Napoca, Romania.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Gambar Sampel fotokatalis Kain yang Telah digunakan pada *Proses***



**Lampiran 2. Gambar *Larutan* Larutan Metilen biru pada 7,2 mL/s**



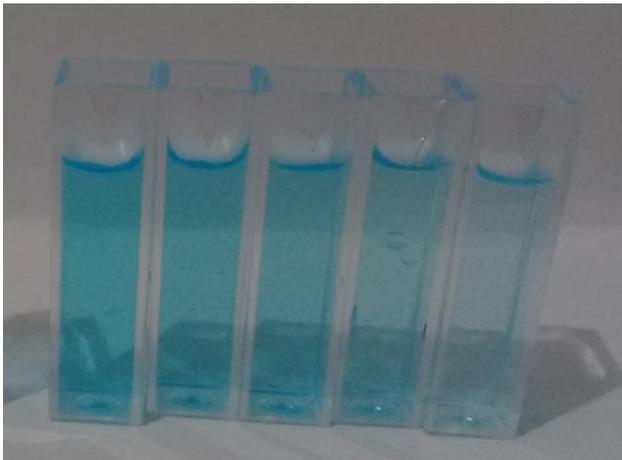
Dari kiri kekanan, 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 20 jam penyinaran.

**Lampiran 3. Gambar Larutan Larutan Metilen biru pada 5,9 mL/s**



Dari kiri kekanan, 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 20 jam penyinaran.

**Lampiran 4. Gambar Larutan Larutan Metilen biru pada 4,4 mL/s**



Dari kiri kekanan, 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 20 jam penyinaran.

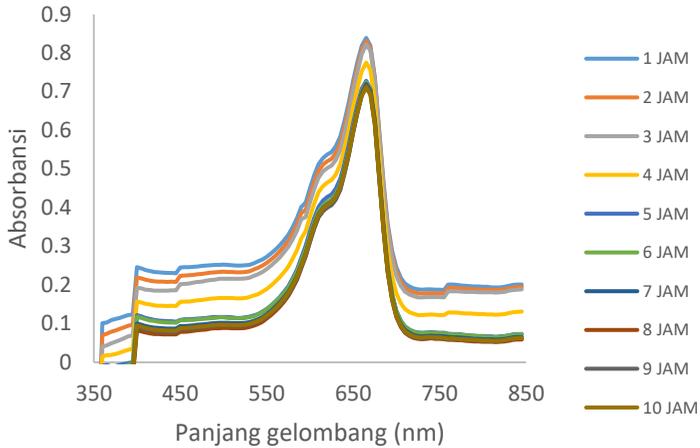
**Lampiran 5. Tabel 1 Hasil Uji Spektrofotometer dan Konversi**

Waktu (jam)	Absorbansi			Konsentrasi (ppm)		
	7,2 mL/s	5,9 mL/s	4,4 mL/s	7,2 mL/s	5,9 mL/s	4,4 mL/s
0	1.044	1.044	1.044	5	5	5
1	0.839	0.796	0.8995	3.78874	3.55385	4.11922
2	0.83	0.762	0.851	3.73958	3.36813	3.85429
3	0.822	0.754	0.7815	3.69588	3.32443	3.47464
4	0.775	0.744	0.7815	3.43914	3.2698	3.47464
5	0.728	0.735	0.7245	3.1824	3.22064	3.16328
6	0.724	0.719	0.724	3.16055	3.13324	3.16055
7	0.72	0.719	0.721	3.1387	3.13324	3.14416
8	0.716	0.714	0.7155	3.11685	3.10593	3.11412
9	0.713	0.692	0.707	3.10046	2.98575	3.06769
10	0.71	0.692	0.703	3.08408	2.98575	3.04584
11	0.707	0.691	0.701	3.06769	2.98029	3.03491
12	0.699	0.686	0.692	3.02399	2.95298	2.98575
13	0.697	0.681	0.689	3.01306	2.92566	2.96936
14	0.695	0.667	0.686	3.00214	2.84919	2.95298
15	0.69	0.651	0.6835	2.97483	2.76179	2.93932
16	0.685	0.634	0.681	2.94751	2.66893	2.92566
17	0.684	0.616	0.674	2.94205	2.5706	2.88743
18	0.683	0.615	0.667	2.93659	2.56514	2.84919
19	0.67	0.61	0.659	2.86558	2.53783	2.80549
20	0.658	0.6	0.651	2.80003	2.4832	2.76179

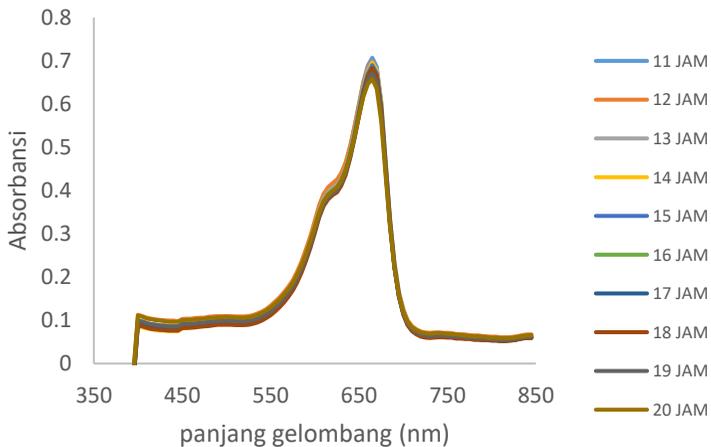
**Lampiran 6. Tabel Hasil Uji Sensor Fotodioda dan Konversi**

Waktu (jam)	Tegangan (v)			Konsentrasi (ppm)		
	7,2 mL/s	5,9 mL/s	4,4 mL/s	7,2 mL/s	5,9 mL/s	4,4 mL/s
0	4.907	4.907	4.907	5	5	5
1	4.9	4.895	4.904	3.9186	3.5975	4.1192
2	4.898	4.893	4.899	3.7902	3.4691	3.8543
3	4.896	4.889	4.898	3.6617	3.2122	3.4746
4	4.893	4.889	4.893	3.4691	3.2122	3.4746
5	4.889	4.889	4.889	3.2122	3.2122	3.1633
6	4.888	4.888	4.888	3.148	3.148	3.1606
7	4.888	4.888	4.888	3.148	3.148	3.1442
8	4.888	4.887	4.888	3.148	3.0838	3.1141
9	4.887	4.886	4.886	3.0838	3.0196	3.0677
10	4.887	4.885	4.886	3.0838	2.9554	3.0458
11	4.886	4.885	4.886	3.0196	2.9554	3.0349
12	4.886	4.885	4.886	3.0196	2.9554	2.9858
13	4.886	4.884	4.885	3.0196	2.8912	2.9694
14	4.886	4.883	4.885	3.0196	2.827	2.953
15	4.885	4.881	4.885	2.9554	2.6985	2.9393
16	4.885	4.88	4.885	2.9554	2.6343	2.9257
17	4.885	4.879	4.884	2.9554	2.5701	2.8874
18	4.884	4.878	4.884	2.8912	2.5059	2.8492
19	4.884	4.878	4.883	2.8912	2.5059	2.8055
20	4.882	4.877	4.882	2.7627	2.4417	2.7618

**Lampiran 7. Gambar Spektrum Absorbansi pada Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 7,2 mL/s pertama**

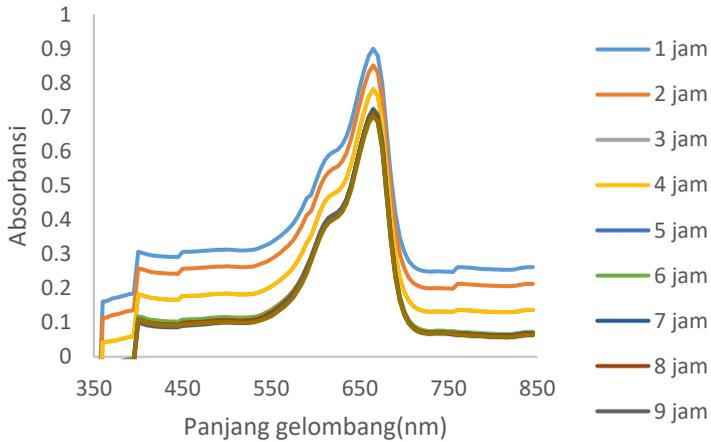


**Lampiran 8. Gambar Spektrum Absorbansi pada Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 7,2 mL/s kedua**

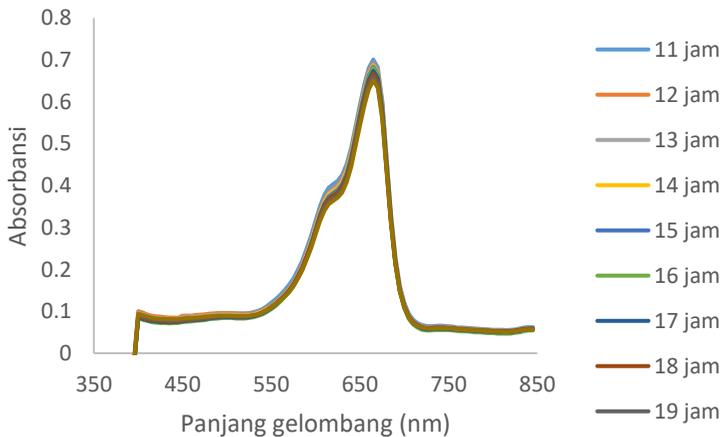




**Lampiran 11. Gambar Spektrum Absorbansi pada Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 4,4 mL/s pertama**



**Lampiran 12. Gambar Spektrum Absorbansi pada Uji Spektrofotometer Larutan Metilen biru Variasi Proses 4,4 mL/s kedua**



**Lampiran 13 Tabel 3 hasil Uji Spektrofotometer tanpa O<sub>2</sub> catcher**

Waktu	Konsentrasi	
	Dengan O <sub>2</sub> catcher	Tanpa O <sub>2</sub> Catcher
0	5	5
1	3,789	4,899
2	3,740	4,8
3	3,696	4,776
4	3,439	4,61
5	3,182	4,45
6	3,161	4,528
7	3,139	4,134
8	3,117	4,088
9	3,100	3,992
10	3,084	3,946
11	3,068	3,875
12	3,024	3,802
13	3,013	3,745
14	3,002	3,898
15	2,975	3,724
16	2,948	3,724
17	2,942	3,708
18	2,937	3,559
19	2,866	3,53
20	2,800	3,466

**Lampiran 14. Tabel 4 Hasil Uji Degradasi Konsentrasi 7ppm**

Waktu	Konsentrasi	
	Sifon	nilon
0	7	7
1		5.685138
2		4.752363
3		4.214125
4	4.708625	4.039325
8	3.891838	4.039325
12	3.880913	4.0284
16	3.624175	4.00655
20	3.034225	4.088488

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Novi Andriani dengan nama panggilan Riani. Penulis dilahirkan di Tuban, 05 Mei 1997 dan merupakan anak tunggal dari Bapak Mukri dan Ibu Ranti. Saat ini penulis tinggal di Desa Dermawuharjo, RT 02 RW 01, Kecamatan Grabagan, Kabupaten Tuban. Penulis telah menempuh pendidikan formal selama di Surabaya yaitu TK Tri Tunggal (2002-2003), SD Tri Tunggal (2003-2004), SD YP Nasional (2004-2005). Pada tahun 2005 penulis pindah ke Tuban dan melanjutkan pendidikan di SDN Dermawuharjo (2005-2009), SMPN 1 Rengel (2009-2012), dan SMAN 1 Tuban (2012-2015). Setelah lulus dari SMAN 1 Tuban pada tahun 2015 penulis diterima di Departemen Fisika, Fakultas Sains dan analitika Data, ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 01111540000081.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan dan organisasi. Penulis mengambil bidang studi instrumentasi dan elektronika. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium Elektronika Dasar 1 serta menjadi tutor privat dilembaga bimbingan belajar *RBC*. *Dalam kampus*, penulis aktif menjadi pengurus Unit Kegiatan Mahasiswa Tae Kwon Do serta beberapa pelatihan dan kepanitiaan tingkat institut. Penulis juga aktif diluar kampus, menjadi pengurus Rumah Rotan dan ZENITRON, serta beberapa komunitas lainnya. Penulis sempat kerja praktek di PT. PJB UP Paiton dan penelitian penulis lakukan di Laboratorium Optik dan Laboratorium Fisika Dasar ITS.

*E-mail* : [rianirin05@gmail.com](mailto:rianirin05@gmail.com)