

repository.ub.ac.id

**Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet* oleh  
*Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
GALUH RAHMANIAH  
155090200111028**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

UNIVERSITAS  
BRAWIJAYA

**Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet* oleh  
*Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

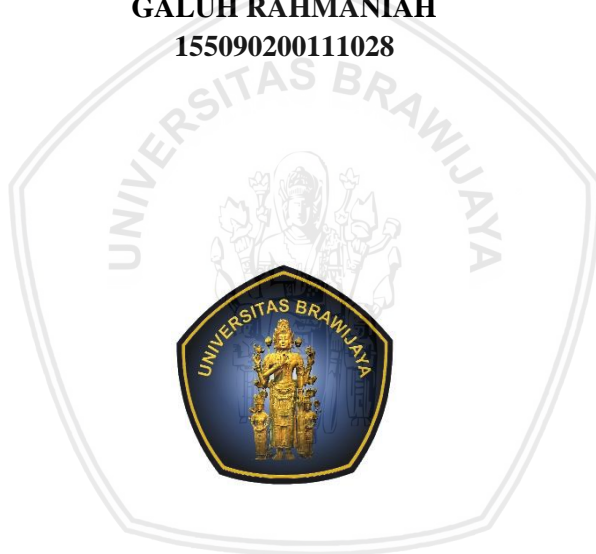
**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang Kimia

**Oleh:**

**GALUH RAHMANIAH**

**155090200111028**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

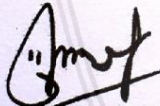
**Biosorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Violet oleh  
*Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

Oleh:  
**GALUH RAHMANIAH**  
155090200111028

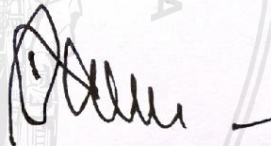
Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal ..... **28 JUN 2019**  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II



**Anna Safitri, S.Si., M.Sc., Ph.D**  
NIP. 198008132005022008



**Prof. Dr. Ir. Chanif Mahdi, MS**  
NIP. 195204121980021001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



**Masruri, S.Si., M.Sc., Ph.D**  
NIP. 197310202002121001

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Galuh Rahmaniah  
NIM : 155090200111028  
Jurusan : Kimia  
Penulis skripsi berjudul :

**Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet* oleh  
*Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 17 Juni 2019

Yang menyatakan,



(Galuh Rahmaniah)  
NIM. 155090200111028

**Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet* oleh *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

**ABSTRAK**

Industri batik dan tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Salah satu zat warna yang digunakan adalah *remazol brilliant violet* yang merupakan zat warna golongan azo yang sulit terdegradasi di lingkungan dan bersifat polutan yang beracun. Metode yang dapat digunakan untuk dekolorisasi zat warna di antaranya yaitu biosorpsi menggunakan jamur. *Trichoderma viride* adalah jamur yang dapat berperan sebagai agen biokontrol karena tahan terhadap senyawa toksik. Amobilisasi jamur dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan meminimalisir kerusakan sel jamur. Kalsium alginat dapat digunakan untuk amobilisasi karena biayanya murah, tidak beracun dan biokompatibel. Penelitian ini difokuskan pada penentuan kondisi optimum yang meliputi waktu kontak, pH, dan jumlah adsorben. Larutan *remazol brilliant violet* diadsorpsi pada pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan waktu kontak selama 10, 20, 30, 50, 60, 70, dan 90 menit dengan jumlah adsorben yang digunakan yaitu 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 gram. Absorbansi larutan sebelum dan setelah proses adsorpsi diukur menggunakan spektrofotometer visibel. Pada penelitian ini, kondisi optimum yang diperoleh yaitu pada waktu kontak 60 menit pada pH 4 dengan jumlah adsorben 1 gram, dengan persen adsorpsi sebesar 8,76%. Dari uji ANOVA pada ketiga parameter, diperoleh F hitung lebih besar daripada F tabel 5% dan 1%, yang berarti terdapat perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan. Kapasitas adsorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat sebesar 0,089 mg/g. Dari hasil karakterisasi FTIR, gugus fungsi yang terlibat dalam amobilisasi *T. viride* adalah O-H dan C=O karboksilat, sedangkan pada proses biosorpsi *remazol brilliant violet* adalah C-H sp<sup>3</sup>, C=O amida dan C=C benzena.

**Kata kunci:** Biosorpsi, *remazol brilliant violet*, *Trichoderma viride*, amobilisasi

## Biosorption Synthetic Dye *Remazol Brilliant Violet* Using *Trichoderma viride* Immobilized by Ca-Alginate

### ABSTRACT

Batik and textile industry is one of the sources of liquid waste derived from the staining process. One of the color substances used is *remazol brilliant violet* which is an azo-type substance that is difficult to be degraded in the environment and is toxic pollutants. A method that can be used to decolorization of synthetic dye among them is biosorption using fungi. *Trichoderma viride* is a fungus that can be biocontrol agent because it is resistant to toxic compound. The immobilization of fungi can be used to increase stability and minimize cellular damage. Calcium alginate can be used for immobilization because it is affordable, non-toxic and biocompatible. This study focused on determining the optimum conditions that include contact time, pH, and the amount of adsorbent. *Remazol brilliant violet* solution were absorbed at pH 4, 5, 6, 7, 8, and 9, contact time for 10, 20, 30, 50, 60, 70, and 90 minutes with the amount of adsorbent used were 0.3; 0.4; 0.6; 0.8; and 1 gram. The absorbance of the solution before and after the adsorption process was measured using spectrophotometer visible. In this study, optimum condition was obtained at 60 min, at pH 4 with the amount of adsorbent was 1 gram, with percent adsorption was 8.76%. From ANOVA test for all three parameters, F count was obtained greater than F table 5% and 1%, which means there is very significant different between variations. The capacity adsorption of *remazol brilliant violet* using *Trichoderma viride* immobilized with Ca-Alginate was 0.089 mg/g. FTIR results indicated functional groups that involved in immobilization of *T. viride* were O-H and C=O carboxylic, while in biosorption process of *remazol brilliant violet* were C-H sp<sub>3</sub>, C=O amide and C=C benzene.

**Keywords:** Biosorption, *remazol brilliant violet*, *Trichoderma viride*, immobilization

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet* oleh *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi oleh *Ca-Alginat*”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang. Sholawat serta salam juga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

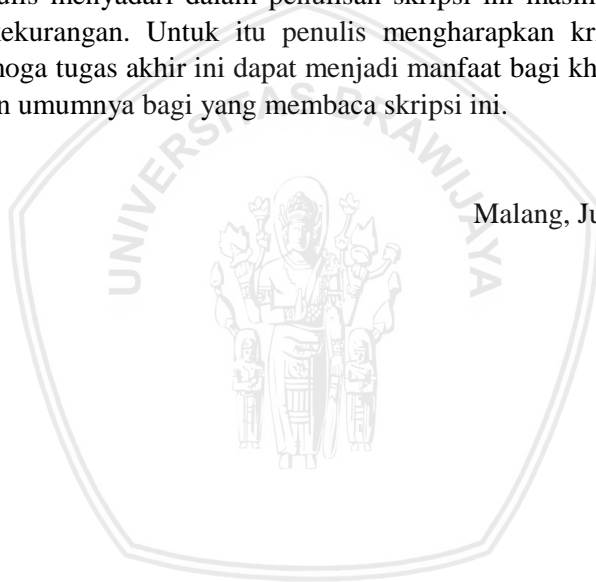
Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Anna Safitri S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Prof Dr. Ir. Chanif Mahdi, MS selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak saran, dukungan, bantuan dan bimbingan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Bapak Drs. Mohammad Misbah Khunur, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan saran selama perkuliahan.
3. Bapak Masruri, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Abdul Basyid dan Ibu Latifah selaku orangtua penulis, Muchammad Hifni, Nur Azizah, Muchammad Syarwani, dan Achmad Fitriansyah, selaku kakak penulis, serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Yayasan Karya Salemba Empat dan Paguyuban Karya Salemba Empat Universitas Brawijaya yang telah memberikan bantuan finansial dan pelatihan selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.
6. Achmad Muizzul Muttaqien yang selalu memberikan dukungan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.

7. Wiwin Dwi Febrianti dan Novia Rina Subyekti sebagai tim dalam penelitian dan skripsi.
8. Silvia Rahmawati, Selena Bunga, Ayu Maharani, Gadis Dian, Filipus Adimas, Desta Enggar, Dhody Pazar dan Dian Arlantika yang selalu membantu dan memberikan semangat selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.
9. Teman-teman Kimia 2015 Universitas Brawijaya yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi khususnya penulis dan umumnya bagi yang membaca skripsi ini.

Malang, Juni 2019  
Penulis





**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	5
2.2 Biosorpsi .....	5
2.3 <i>Trichoderma viride</i> .....	6
2.4 Amobilisasi Jamur .....	7
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Zat Warna .....	9
2.5.1 pH .....	9
2.5.2 Konsentrasi Awal Zat Warna .....	10
2.5.3 Suhu .....	10
2.5.4 Jumlah Adsorben .....	10

2.5.5 Waktu Kontak .....	11
2.6 Mekanisme Biosorpsi .....	11
2.7 Hipotesis.....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan .....	13
3.3 Tahapan Penelitian .....	13
3.4 Prosedur Kerja.....	14
3.4.1 Pembuatan Media Padat .....	14
3.4.2 Peremajaan Biakan Murni <i>Trichoderma viride</i> .....	14
3.4.3 Pembuatan Media Cair .....	14
3.4.4 Proses Amobilisasi <i>Trichoderma viride</i> dengan Ca-alginat .....	15
3.4.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	15
3.4.6 Pembuatan Kurva Baku <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	15
3.4.7 Penentuan Kondisi Optimum Biosorpsi <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	16
3.4.8 Analisis Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	16
3.4.9 Analisis Data .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Penentuan Waktu Kontak Optimum dari Biosorpsi <i>Remazol Brilliant Violet</i> Menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat.....	19

4.2 Penentuan pH Optimum dari Biosorpsi <i>Remazol Brilliant Violet</i> Menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat .....	21
4.3 Penentuan Jumlah Adsorben Optimum dari Biosorpsi <i>Remazol Brilliant Violet</i> Menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat.....	24
4.4 Kapasitas Adsorpsi .....	25
4.5 Analisis Gugus Fungsi dengan Menggunakan Spektrofotometer FTIR .....	26
4.5.1 Analisis FTIR <i>Trichoderma viride</i> , Ca-alginat, dan <i>Trichoderma viride</i> Teramobilisasi oleh Ca-Alginat .....	26
4.5.2 Analisis FTIR <i>Trichoderma viride</i> Amobilisasi dengan Ca-Alginat dengan dan Tanpa <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	28
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>31</b>
5.1 Kesimpulan .....	31
5.2 Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Analisis Gugus Fungsi *Trichoderma viride* sebelum dan setelah amobilisasi dengan Ca-alginat..... 27

Tabel 4.2 Analisis Gugus Fungsi *Trichoderma viride* amobil sebelum dan setelah dikontakkan dengan larutan *remazol brilliant violet*..... 29



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Remazol Brilliant Violet</i> .....	5
Gambar 2.2 Struktur Natrium Alginat .....	9
Gambar 4.1 Kurva hubungan antara waktu kontak dengan biosorpsi <i>remazol brilliant violet</i> pada pH 4 menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang diamobilisasi dengan Ca-alginat.....	20
Gambar 4.2 Kurva hubungan antara pH dengan biosorpsi <i>remazol brilliant violet</i> pada waktu kontak 60 menit menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang diamobilisasi dengan Ca-alginat .....	22
Gambar 4.3 Kurva hubungan antara massa adsorben dengan biosorpsi <i>remazol brilliant violet</i> pada pH 4 dan waktu kontak 60 menit menggunakan <i>Trichoderma viride</i> yang diamobilisasi dengan Ca-alginat.....	24
Gambar 4.4 Spektra IR <i>Trichoderma viride</i> sebelum dan setelah amobilisasi serta Ca-alginat.....	26
Gambar 4.5 Spektra IR <i>Trichoderma viride</i> yang diamobilisasi dengan Ca-alginat sebelum dan setelah biosorpsi.....	28

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batik merupakan karya seni yang memiliki nilai tinggi. Batik diakui oleh UNESCO pada tahun 2009 sebagai warisan budaya dunia yang berpengaruh pada tingkat permintaan produksi batik yang meningkat [1]. Industri batik di Indonesia umumnya merupakan industri kecil menengah (UKM) yang menjadi mata pencaharian sebagian masyarakat [2]. Tingginya permintaan batik dari konsumen agar lebih cepat memperoleh hasil produksi, maka sebagian produsen batik beralih menggunakan zat pewarna sintetis/kimia karena dianggap mudah penggunaannya, cepat pelaksanaannya, ekonomis dan mudah didapat di pasaran [3].

Industri batik dan tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Setelah proses pewarnaan selesai, akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan [4]. Apabila pengolahan limbah tidak dilakukan dengan baik, maka akan merugikan sisi lingkungan. Zat pewarna tekstil umumnya terbuat dari zat organik *non-biodegradable*, yang sebenarnya dapat terurai oleh sinar UV, namun lambat sehingga lebih mudah terakumulasi pada tanah dan perairan [5]. Selain itu, keadaan ini dapat menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut. Jika bersentuhan langsung dengan kulit manusia dapat menimbulkan rasa gatal, panas, kulit kering, dan keras [6].

*Remazol brilliant violet* adalah salah satu pewarna penting dalam industri tekstil. Zat pewarna ini digunakan sebagai material bahan dalam produksi pewarna polimer. Selain itu, *remazol brilliant violet* merupakan polutan yang beracun dan sulit terurai [7]. Senyawa *remazol violet 5R* tahan terhadap perubahan pH, suhu dan mikroba,

menjadikan remazol sebagai bahan kimia sintetis yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan dan pengolahan secara komprehensif. Air limbah zat warna remazol dapat mengakibatkan beberapa gangguan kesehatan, dari penyakit kulit ringan hingga kanker kulit [8].

Beragam metode dan teknik telah dilakukan untuk dekolonisasi zat warna seperti koagulasi, oksidasi kimia, pemisahan membran, dan elektrokimia. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk dekolonisasi *remazol brilliant violet*, di antaranya yaitu menggunakan sekam coklat dengan karbon teraktivasi yang menghasilkan persen adsorpsi sebesar 97,18% [9] dan adsorpsi menggunakan sekam padi diperoleh persen adsorpsi sebesar 73,2% [1].

Biosorpsi didefinisikan sebagai proses penghilangan spesi organik dan anorganik termasuk logam dan zat pewarna menggunakan biomassa hidup atau mati atau senyawa turunannya. Biomassa ini dapat berupa bakteri, jamur, alga. Pada proses ini, adsorben berupa material biologi [11].

Jamur dapat digunakan untuk dekolonisasi zat warna. Jamur memproduksi enzim ekstraseluler yang dapat mengubah struktur aromatik [12]. Penelitian sebelumnya yang menggunakan jamur sebagai biosorben zat warna di antaranya yaitu *Rhizopus oryzae* untuk biosorpsi *remazol yellow* [13] dan jamur *Gloeophyllum trabeum* untuk biodegradasi metil oranye [14].

Dekolorisasi zat warna bergantung pada cara biomassa yang digunakan. Jamur bebas yang dikontakkan langsung lebih mudah mengalami stress lingkungan. Maka dari itu perlu dilakukan amobilisasi biomassa pada media yang berbeda. Amobilisasi melindungi biomassa dan meningkatkan aktivitas jamur karena memiliki permukaan yang lebih luas untuk adsorpsi zat warna. Amobilisasi jamur meningkatkan resistensi jamur terhadap stress lingkungan akibat adanya senyawa toksik pada konsentrasi tinggi [15].

Penjebakan enzim atau sel dalam kalsium alginat adalah salah satu metode amobilisasi. Alginat secara umum dikenal dalam natrium alginat yang larut dalam air dan digunakan dalam industri makanan dan farmasi sebagai pengental, pengemulsi dan pembentukan lapisan tipis. Metode entrapment atau penjebakan dengan gel kalsium alginat dikenal sebagai metode yang cepat, tidak beracun, murah dan metode yang banyak manfaatnya dalam amobilisasi enzim atau sel [16].

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan ditentukan kondisi optimum pada biosorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi pada Ca-alginat yang meliputi pH awal larutan, waktu kontak larutan terhadap *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat dan jumlah adsorben.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dituliskan diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pH awal larutan pada biosorpsi zat warna *remazol brilliant violet* oleh *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak pada biosorpsi zat warna *remazol brilliant violet* oleh *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat?
3. Bagaimana pengaruh jumlah adsorben pada biosorpsi zat warna *remazol brilliant violet* oleh *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat?
4. Bagaimana perubahan gugus fungsional yang terlibat dalam proses amobilisasi *Trichoderma viride* dengan Ca-alginat dan biosorpsi *remazol brilliant violet*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Variasi pH awal larutan yang digunakan untuk proses adsorpsi *remazol brilliant violet* adalah: pH 4, 5, 6, 7, 8 dan 9
2. Variasi waktu kontak yang digunakan untuk proses adsorpsi *remazol brilliant violet* adalah: 10, 20, 30, 50, 60, 70 dan 90 menit.



3. Variasi jumlah adsorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat yang digunakan untuk proses adsorpsi *remazol brilliant violet* adalah: 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 gram.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pH optimum larutan *remazol brilliant violet* yang diadsorpsi menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat.
2. Mengetahui waktu kontak optimum adsorpsi larutan *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat.
3. Mengetahui jumlah adsorben optimum *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat dalam mengadsorpsi larutan *remazol brilliant violet*.
4. Mengetahui perubahan gugus fungsional yang terlibat dalam proses amobilisasi *Trichoderma viride* dengan Ca-alginat dan biosorpsi *remazol brilliant violet*.

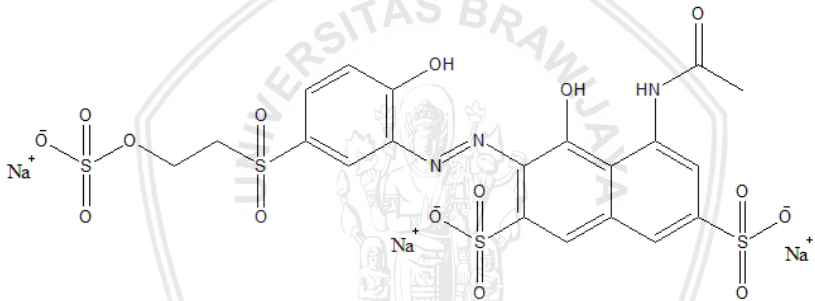
#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang pemanfaatan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat sebagai adsorben zat warna *remazol brilliant violet* serta sebagai alternatif dalam pengurangan pencemaran zat warna *remazol brilliant violet* pada limbah batik.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Remazol Brilliant Violet*

Zat warna yang sering digunakan dalam industri adalah zat warna golongan azo. Zat warna golongan ini digunakan dalam industri tekstil, farmasi, dan kosmetik, yang dapat menimbulkan efek buruk pada lingkungan. Struktur kimia dari golongan pewarna ini memiliki ciri mempunyai gugus aromatik yang saling terhubung dengan satu atau lebih gugus azo (-N=N-). Gugus fungsi ini yang membuat molekul ini sulit untuk terdegradasi oleh pengolahan limbah yang konvensional [17]. Berikut adalah struktur dari *remazol brilliant violet*.



**Gambar 2.1** Struktur *Remazol Brilliant Violet*

*Remazol brilliant violet* atau lebih dikenal dengan *reactive violet 5* adalah pewarna organik sintetik. Zat warna ini digunakan untuk pewarna katun, wol, sutera dan tekstil poliamida. Pewarna ini juga digunakan sebagai anti beku [18]. *Remazol brilliant violet* sangat mudah larut dalam air. Dilihat dari struktur kimianya, mengandung hidrofobik dari cincin fenil dan hidrofilik dari gugus hidroksil [19].

### 2.2 Biosorpsi

Biosorpsi merupakan teknik pengolahan limbah terbaru yang dapat menghilangkan logam beracun dalam limbah cair sehingga dipertimbangkan sebagai suatu teknologi alternatif untuk pengolahan

limbah cair industri [20]. Biosorpsi adalah penghilangan kontaminan dari larutan menggunakan senyawa biologi. Biosorpsi merupakan teknologi yang efektif untuk menghilangkan molekul zat warna dari larutan menggunakan biomassa inaktif [9].

Penggunaan biomassa jamur dalam menghilangkan zat warna tekstil dari limbah cair industri dianggap menarik karena dapat menghemat biaya [21]. Material biologi seperti kitin, kitosan, jamur atau biomassa bakteri, digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna dalam larutan. Biosorben lebih selektif daripada resin penukar ion dan karbon aktif dan dapat mengurangi zat warna ke konsentrasi rendah [9].

Pada proses biosorpsi, senyawa kontaminan akan menempel pada permukaan sel organisme seperti bakteri, jamur, alga dan lumur atau terakumulasi dalam sel. Untuk dekolorisasi zat warna, biomassa yang mati juga dapat digunakan. Biomassa mikrobial yang mengakumulasi berbagai polutan menyerap senyawa kimia ini pada permukaan dengan transpor aktif atau pasif [22]. Penelitian menyebutkan bahwa transpor pasif kemungkinan lebih digunakan daripada transpor aktif, karena pada transpor aktif dibutuhkan nutrisi tambahan yang akan meningkatkan *biological oxygen demand* (BOD) dan atau *chemical oxygen demand* (COD) [23].

### 2.3 *Trichoderma viride*

Jamur dalam genus *Trichoderma* (Divisi-Ascomycota, Subdivisi-Pezizomycotina, Kelas-Sordariomycetes, Ordo-Hypocreales, Famili-Hypocreaceae) telah dikenal sejak 1920an untuk kemampuannya sebagai agen biokontrol melawan patogen [24]. Jamur ini dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan tanaman dalam mendegradasi senyawa toksik pada beberapa tanaman pada tanah dan air.

Dinding sel dari jamur mengandung struktur prominen seperti kitin, glukukan, polisakarida dan protein ekstraseluler yang dapat berikatan dengan logam atau zat warna. Jamur dapat beradaptasi dan bertahan hidup di habitat apapun. Spesies jamur seperti *Trichoderma*

repository.ub.ac.id

mudah diperoleh karena sifatnya yang mudah tumbuh cepat dan mampu menghasilkan spora. Jamur hidup ataupun mati dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna atau logam berat dari perairan yang tercemar [25].

Spesies dari *Trichoderma* dikenal sebagai agen biokontrol untuk tumbuhan patogen yang menyerang sektor pertanian. Selain itu, *Trichoderma* memproduksi enzim pendegradasi yang dapat digunakan untuk produksi komersial. Sekresi beberapa enzim atau protein ini dapat digunakan untuk mendegradasi patogen [26]. Agen biokontrol seperti *Trichoderma* spp dikatakan efektif, ramah lingkungan dan murah serta tahan terhadap senyawa toksik. *Trichoderma* bereproduksi secara aseksual yang sering ditemukan di tanah, hampir di semua iklim sedang dan tropis. Spesies ini hidup berkoloni [27].

#### 2.4 Amobilisasi Jamur

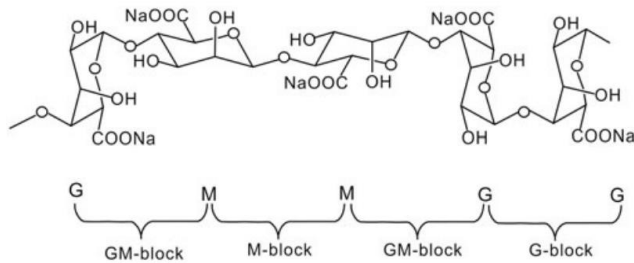
Amobilisasi adalah metode penjebakan atau pelekatan mikrobial atau sel tumbuhan ke matriks yang sesuai. Dibandingkan dengan amobilisasi enzim, amobilisasi sel dikenal sebagai metode yang *convenient* karena tidak membutuhkan banyak biaya dan dapat meningkatkan stabilitas sel. Pada amobilisasi enzim, biaya untuk isolasi dan purifikasinya lebih mahal. Amobilisasi enzim sering digunakan pada industri produksi dan bioteknologi [28]. Amobilisasi sel sangat penting dalam pengolahan limbah. Dibandingkan dengan sel bebas, amobilisasi mikrobial memiliki kelebihan yaitu aktivitas metabolik yang tinggi dan resisten pada senyawa toksik karena konsentrasi biomassa yang lebih banyak dan pembatas difusi dalam biofilm yang melawan senyawa toksik [29].

Sebelum melakukan proses amobilisasi, terlebih dahulu dipastikan material pendukungnya, kemudian metode amobilisasi yang dilakukan, dan aplikasinya [30]. Ada beberapa metode amobilisasi yang telah dilakukan, di antaranya adalah metode entrapment (penjebakan), encapsulation, cross-linking dan metode adsorpsi [31].

Metode *entrapment* adalah metode penjebakan sel ke dalam polimer seperti polimer alam atau sintetik. Metode ini dapat dilakukan dengan menambahkan satu atau kombinasi gel atau agen *cross linking*. Larutan polimer dicampur dengan sel yang akan diamobilisasi ke dalam jarum *syringe* dan ditetaskan hingga membentuk manik-manik yang mengeras. Metode ini merupakan salah satu metode yang mudah dan aman [32]. Pembentukan gel dalam larutan polielektrolit terjadi bergantung keberadaan ion multivalen yang berbeda muatan [33].

Secara fisik, enzim atau sel terjebak dalam jaringan polimer, tetapi tidak berinteraksi secara kimia dengan polimer tersebut. Metode ini dapat meningkatkan stabilitas dan meminimalisir kerusakan enzim atau sel. Selain itu, kelebihan dari metode ini adalah kemampuannya dalam mengoptimasi lingkungannya agar sesuai untuk enzim atau sel dengan memodifikasi bahan enkapsulasi agar memiliki pH dan polaritas yang optimal [34]. Teknik ini membuat substrat dan produk berdifusi melewati membran atau matriks, sedangkan enzim terjebak dalam jaringan. Metode *entrapment* mencegah interaksi langsung enzim dengan lingkungannya. Kelebihan dari metode ini adalah biayanya murah, waktu amobilisasi yang cepat dan aktivitas retensi yang tinggi setelah amobilisasi [35].

Hubungan antara ukuran pori material pendukung dan adsorpsi adalah adsorpsi dapat dilakukan jika ukuran pori sangat kecil. Pembentukan gel polimer poliiionik atau polikationik dilakukan dengan menambahkan ion multivalen dan metode ini sering digunakan dalam metode *entrapment*. Polimer yang digunakan sebagai matriks adalah alginat, karaginan, kolagen, poliakrilamida, gelatin dan poliuretan. Alginat merupakan polimer yang sering digunakan karena sifat gelnya yang ringan dan tidak toksik [35].



**Gambar 2.2** Struktur Natrium Alginat [36]

Natrium alginat, garam alam dari asam alginat yang mudah larut dalam air, adalah polisakarida linear yang merupakan ekstrak dari alga coklat. Senyawa ini mempunyai *bioavailability* dan proses ekstraksinya yang mudah. Kemampuan untuk membentuk hidrogel adalah salah satu kegunaan dari alginat karena substitusi ion natrium dari asam guluronat dengan kation divalen yang berbeda seperti  $\text{Ca}^{2+}$ . Hidrogel kalsium alginat dapat digunakan karena biayanya murah, tidak beracun dan biokompatibel [37].

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Zat Warna

### 2.5.1 pH

Salah satu peran penting yang mempengaruhi kapasitas adsorben dalam pengolahan limbah adalah pH larutan. Efisiensi adsorpsi bergantung pada pH larutan karena variasi pH akan menghasilkan variasi dalam derajat ionisasi pada adsorptif molekul dan permukaan adsorben [38].

Kemampuan adsorpsi pada permukaan adsorben dan tipe permukaan aktif ditandai pada  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  (*point of zero charge*), yaitu pH pada saat titik muatannya bernilai 0 dan biasanya digunakan untuk menggambarkan elektrokinetik pada permukaan. Nilai pH digunakan untuk mendeskripsikan pada sistem dimana  $\text{H}^+$  atau  $\text{OH}^-$  yang menentukan potensial ion. Adanya gugus fungsi seperti  $\text{OH}^-$  pada adsorpsi zat warna kationik terjadi saat  $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$  sedangkan pada adsorpsi zat warna anionik terjadi pada  $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pzc}}$ , dimana permukaan bermuatan positif [39].

### **2.5.2 Konsentrasi Awal Zat Warna**

Jumlah adsorpsi untuk dekolonisasi zat warna sangat bergantung pada konsentrasi awal zat warna. Umumnya, persentase dekolonisasi zat warna berkurang dengan bertambahnya konsentrasi awal zat warna yang diakibatkan permukaan adsorben yang telah jenuh. Di sisi lain, konsentrasi awal zat warna yang meningkat akan menyebabkan peningkatan kapasitas adsorben yang kemungkinan disebabkan oleh gaya yang tinggi pada konsentrasi awal zat warna yang tinggi [40].

### **2.5.3 Suhu**

Pengaruh suhu pada proses adsorpsi adalah pada proses fisiko kimia karena suhu akan mengubah kapasitas adsorpsi adsorben [41]. Jika jumlah adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu, maka adsorpsi tersebut merupakan proses endotermik karena akan meningkatkan pergerakan molekul zat warna dan meningkatkan jumlah situs aktif untuk adsorpsi seiring dengan meningkatnya suhu. Sedangkan jika jumlah adsorpsi menurun dengan meningkatnya suhu, maka adsorpsi tersebut merupakan proses eksotermik. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya suhu akan menurunkan gaya adsorptif antara adsorben dengan zat warna [42].

### **2.5.4 Jumlah Adsorben**

Jumlah adsorben berpengaruh pada proses adsorpsi. Jumlah adsorben adalah parameter penting untuk mengetahui kapasitas adsorben. Persentase dekolonisasi zat warna akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah adsorben. Pengaruh jumlah adsorben akan menjelaskan kemampuan adsorpsi zat warna untuk diserap dengan sejumlah adsorben yang sedikit [42].

Menurut penelitian Zahra dkk [43], peningkatan adsorpsi zat warna dengan meningkatnya jumlah adsorben terjadi karena permukaan spesifik menjadi lebih besar dan ketersediaan situs-situs adsorpsi yang lebih banyak. Pada dosis adsorben yang kecil, permukaan adsorben menjadi jenuh dengan zat warna sedangkan sisa konsentrasi zat warna dalam larutan masih besar sehingga penyisihan relatif kecil. Penurunan kapasitas adsorpsi untuk dosis adsorben yang

lebih besar terjadi karena peningkatan jumlah adsorben menyebabkan terjadinya agregasi partikel sehingga terjadi penurunan luas permukaan dan peningkatan panjang jalur difusi. Selain itu dengan meningkatnya jumlah adsorben maka jumlah situs-situs jenuh per satuan massa adsorben menjadi berkurang, sehingga kapasitas adsorben pun berkurang.

### **2.5.5 Waktu Kontak**

Waktu kontak merupakan salah satu parameter penting dalam proses adsorpsi karena waktu kontak berkaitan dengan laju reaksi yang dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi terhadap waktu. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zian dkk [44], pada awal waktu kontak, adsorpsi berlangsung cepat karena sisi aktif pada adsorben masih cukup banyak sehingga frekuensi terjadinya ikatan dengan molekul adsorbat cukup tinggi. Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang terlalu lama dapat menyebabkan kondisi adsorben menjadi jenuh dan adsorbat menjadi terlepas.

## **2.6 Mekanisme Biosorpsi**

Dinding sel jamur merupakan struktur makromolekul yang kompleks, yang mengandung kitin, glukukan dan protein, tetapi juga mengandung polisakarida lain, lipid dan pigmen seperti melanin. Komponen yang bermacam-macam ini berarti banyak gugus fungsi yang dapat mengikat ion logam [45]. Proses biosorpsi meliputi dua fasa, yaitu fasa padat (biomassa/biosorben/material biologi) dan fasa larutan (pelarut, biasanya air) yang mengandung spesi yang akan diadsorpsi (sorbat atau ion logam). Karena afinitas biosorben, maka sorbat akan terikat pada biosorben dengan berbagai mekanisme dan proses ini akan berlanjut hingga mencapai titik kesetimbangan [46].

Pada awal reaksi, adsorpsi akan lebih dominan daripada desorpsi, hingga pada jangka waktu tertentu, proses desorpsi akan menjadi lebih dominan. Adsorpsi akan terjadi hingga tercapai kondisi setimbang, dimana laju adsorpsi dan desorpsi sama besarnya. Pelekatan adsorbat pada adsorben terjadi akibat adanya gaya yang



mengikat adsorbat dari cairan ke permukaan adsorben [47]. Secara sederhana mekanisme adsorpsi digambarkan sebagai berikut: [48]

1. Adsorbat berdifusi ke permukaan luar adsorben (difusi eksternal)
2. Sebagian besar adsorbat tersebut berdifusi lebih lanjut ke dalam pori-pori adsorben (difusi internal), sebagian lainnya hanya terikat pada permukaan luar
3. Apabila adsorben telah mencapai kondisi jenuh atau mendekati jenuh, terjadi dua kemungkinan; terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya (multilayer) atau tidak terbentuk multilayer, sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke cairan yang membawanya

Struktur kompleks dari biomassa menggambarkan bagaimana biosorben dapat menghilangkan polutan. Banyak gugus fungsi yang dapat mengikat polutan seperti gugus amida, amina, karboksil, karbonil, hidroksil, imina, sulfonat, fenol, fosfat dan fosfodiester. Biosorpsi logam atau zat warna terjadi karena interaksi pertukaran ion, kompleksasi, adsorpsi dengan gaya fisik, presipitasi dan penjerapan [49].

## 2.7 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Waktu kontak optimum diperoleh setelah mencapai keadaan kesetimbangan karena kondisi permukaan adsorben yang telah jenuh.
2. pH optimum diperoleh pada pH asam karena adanya protonasi dari asam menyebabkan interaksi elektrostatik antara zat warna anionik dengan adsorben.
3. Jumlah adsorben optimum diperoleh pada jumlah adsorben yang tinggi karena terdapat banyak sisi aktif dari adsorben yang dapat berikatan dengan zat warna.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang pada bulan Januari 2019 sampai Mei 2019.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain jarum ose, pipet ukur (10 mL), gelas kimia (100 mL dan 250 mL), erlenmeyer (250 mL), labu ukur (100 mL), inkubator (*Heraus tipe B 50 Memmert*), laminar air flow, tabung reaksi, pipet tetes, jarum syringe (12 mL), autoklaf (*All American Model 20X*), bunsen, neraca analitik (*Mettler 458 Todelo AL 204*), kulkas, aluminium foil, kapas, kasa steril, spektrofotometer visible, pemanas listrik dan kertas pH.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni *Trichoderma viride* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Malang, *remazol brilliant violet*, dekstrosa, kentang, agar, larutan buffer asetat pH 5, natrium alginat,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , pepton, asam oleat, akuades, HCl dan NaOH.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini adalah:

1. Pembuatan media padat
2. Peremajaan biakan murni *Trichoderma viride*
3. Pembuatan media cair
4. Proses amobilisasi *Trichoderma viride* dengan Ca-alginat
5. Penentuan panjang gelombang maksimum *remazol brilliant violet*
6. Pembuatan kurva baku *remazol brilliant violet*
7. Penentuan kondisi optimum biosorpsi *remazol brilliant violet*
  - Pengaruh pH awal larutan
  - Pengaruh waktu kontak *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat dengan larutan zat warna

- Pengaruh jumlah adsorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat
- 8. Analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR
- 9. Analisis data

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Pembuatan Media Padat

Media padat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA). Media ini dibuat dengan cara, yaitu: kentang yang telah dikupas, dicuci, dipotong dadu kemudian ditimbang sebanyak 20 gram menggunakan neraca analitik. Setelah itu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL, ditambahkan akuades sebanyak 100 mL dan dipanaskan dengan pemanas listrik selama 1 jam. Ekstrak kentang yang terbentuk disaring dan dipanaskan kemudian ditambahkan 0,5 mL larutan buffer asetat pH 5, agar sebanyak 2 gram dan dekstrosa sebanyak 1,5 gram sambil diaduk hingga mendidih dan larut. Larutan PDA dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditutup menggunakan kapas, kasa steril dan kertas coklat. Kemudian disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 15 psi. Larutan PDA steril didinginkan pada suhu ruang dengan posisi miring selama 24 jam.

#### 3.4.2 Peremajaan Biakan Murni *Trichoderma viride*

Media padat PDA dikontakkan dengan *Trichoderma viride* secara aseptis dalam laminar air flow. Peremajaan biakan *Trichoderma viride* dilakukan sebagai berikut: laminar air flow dinyalakan terlebih dahulu selama 15 menit. Jarum ose disiapkan di dalam larutan alkohol 70% pada tabung reaksi. Kemudian mulut tabung media padat dan *Trichoderma viride* dipanaskan pada nyala api bunsen agar tetap steril. Setelah itu, spora *Trichoderma viride* diambil dan dioleskan pada media padat dan ditutup kembali dengan kapas steril. Hasil peremajaan *Trichoderma viride* disimpan dalam inkubator selama 6 hari (144 jam) dengan suhu 30 °C.

#### 3.4.3 Pembuatan Media Cair

Media cair dibuat dengan menimbang 0,15 gram  $\text{CaCl}_2$ ; 0,1 gram  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 0,15 gram  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,7 gram  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; dan 0,25 gram pepton menggunakan neraca analitik. Setelah itu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 0,5 mL asam oleat dan 1

mL larutan buffer asetat pH 5. Seluruh bahan tersebut ditambahkan akuades hingga 250 mL dan dipanaskan dengan pemanas listrik dan diaduk menggunakan magnetic stirer hingga larut. Pemanasan dihentikan ketika larutan mendidih. Setelah itu erlenmeyer ditutup dengan kapas dan kasa yang dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Kemudian larutann disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi.

#### **3.4.4 Proses Amobilisasi *Trichoderma viride* dengan Ca-alginat**

Na-Alginat ditimbang sebanyak 1,25 gram kemudian dimasukkan ke dalam 80 mL media cair yang sudah dipanaskan dan diaduk dengan magnetic stirer hingga larut. *Trichoderma viride* hasil peremajaan biakan yang telah berumur 6 hari disuspensikan dengan 1 mL atau 20 tetes akuades. Tiga tabung (3 mL) *Trichoderma viride* dicampurkan ke dalam campuran media cair dan Na-Alginat. Setelah itu ditambahkan media cair hingga volumenya menjadi 100 mL sambil diaduk dengan magnetic stirer. Larutan diinkubasi di pengocok selama 36 jam pada suhu ruang. Kemudian larutan diteteskan pada 20 mL larutan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,15 M hingga membentuk manik manik dan dibiarkan selama 1 jam hingga menjadi padat.

#### **3.4.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Violet***

Pada penentuan panjang gelombang maksimum, digunakan larutan zat warna *remazol brilliant violet* dengan konsentrasi 20 ppm. Absorbansinya diukur dengan spektrofotometer visible pada rentang panjang gelombang 530-600 nm.

#### **3.4.6 Pembuatan Kurva Baku *Remazol Brilliant Violet***

Larutan induk 500 ppm dibuat dengan menimbang 0,05 gram *remazol brilliant violet* kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL sampai tanda batas. Larutan zat warna *remazol brilliant violet* dibuat dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 ppm dengan pengenceran dari larutan induk 500 ppm. Setelah itu, absorbansi dari masing-masing larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil absorbansi dari masing-masing larutan kemudian dimasukkan ke dalam kurva baku. Persamaan garis yang diperoleh kemudian

digunakan untuk menghitung konsentrasi sebelum dan sesudah proses biosorpsi.

### **3.4.7 Penentuan Kondisi Optimum Biosorpsi *Remazol Brilliant Violet***

#### **- Pengaruh Waktu Kontak**

Larutan remazol brilliant violet 40 ppm dalam 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 0,4 gram biosorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-Alginat. Proses biosorpsi dilakukan pada suhu kamar dengan pH 4 dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30, 50, 60, 70 dan 90 menit. Absorbansi diukur setelah proses biosorpsi pada masing-masing waktu kontak.

#### **- Pengaruh pH Awal Larutan**

Larutan *remazol brilliant violet* 40 ppm dalam 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 0,4 gram biosorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-Alginat. Proses biosorpsi dilakukan pada suhu kamar dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, 8 dan 9. Variasi pH dilakukan dengan penambahan HCl 0,1 M atau NaOH 0,1 M. Proses biosorpsi dilakukan selama 60 menit. Absorbansi diukur setelah proses biosorpsi pada masing-masing pH.

#### **- Pengaruh Jumlah Adsorben *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-alginat**

Larutan *remazol brilliant violet* 40 ppm dalam 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 gram biosorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-Alginat. Proses biosorpsi dilakukan pada suhu kamar dengan pH dan waktu kontak optimum yang telah diperoleh sebelumnya. Absorbansi diukur setelah proses biosorpsi pada masing-masing waktu kontak.

### **3.4.8 Analisis Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FTIR**

Setelah proses biosorpsi dilakukan, padatan adsorben dan larutan zat warna disaring kemudian dikeringkan dengan oven. Padatan yang diperoleh kemudian diambil secukupnya dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer FTIR.

### 3.4.9 Analisis Data

#### 3.4.9.1 Penentuan Persamaan Regresi Linier dari Kurva Baku

Persamaan regresi linier dari kurva baku larutan *remazol brilliant violet* menggunakan hubungan konsentrasi (sumbu x) dengan absorbansi (sumbu y) dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = ax$$

Dimana: y = absorbansi  
x = konsentrasi

#### 3.4.9.2 Penentuan Jumlah Remazol Brilliant Violet Setelah Adsorpsi

Penentuan jumlah *remazol brilliant violet* setelah adsorpsi ditentukan dengan menghitung konsentrasi dengan cara memasukkan ke dalam persamaan kurva baku. Setelah konsentrasi diketahui maka dapat dihitung jumlah *remazol brilliant violet* dengan persamaan berikut: [7]

$$\text{Dekolorisasi (\%)} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

Dimana: C<sub>o</sub> = konsentrasi awal (mg/L)  
C<sub>e</sub> = konsentrasi akhir (mg/L)

#### 3.4.9.3 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Remazol Brilliant Violet

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-Alginat dapat menyerap *remazol brilliant violet*. Kapasitas adsorpsi dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut: [7]

$$qt = \frac{(C_o - C_e)V}{W}$$

Dimana: qt = kapasitas adsorpsi (mg/g)  
C<sub>o</sub> = konsentrasi awal (mg/L)  
C<sub>e</sub> = konsentrasi akhir (mg/L)  
V = volume larutan (L)  
W = massa adsorben (g)



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

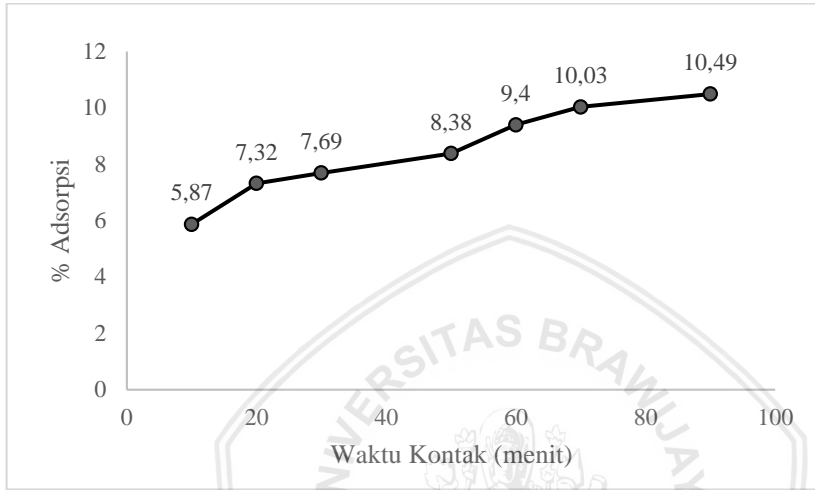
Jamur *Trichoderma viride* dibiakkan pada media padat PDA (*potato dextrose agarose*) kemudian diinkubasi dalam inkubator selama 144 jam (6 hari). Setelah enam hari, diperoleh *Trichoderma viride* yang berwarna hijau tua. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wirawan dkk [50], pada usia 1-2 hari, koloni jamur berwarna putih. Pertumbuhan koloni selanjutnya membentuk miselium yang tipis yang kemudian berubah menjadi hijau tua. Proses amobilisasi *Trichoderma viride* dengan Ca-alginat dilakukan dengan mencampurkan natrium alginat ke dalam media cair yang berisikan *Trichoderma viride*. Media cair ini berfungsi sebagai nutrisi jamur. Setelah 36 jam dikocok menggunakan shaker, diperoleh warna inokulum yang memudar kehijauannya. Setelah itu amobilisasi dilakukan dengan meneteskan inokulum ke dalam larutan kalsium klorida dan didiamkan hingga mengeras selama satu jam. Dari proses ini, dihasilkan *bead*. *Beads* ini yang akan digunakan dalam biosorpsi zat warna *remazol brilliant violet*.

#### **4.1 Penentuan Waktu Kontak Optimum dari Biosorpsi *Remazol Brilliant Violet* Menggunakan *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

Penentuan waktu kontak optimum pada penelitian ini menggunakan variasi waktu kontak yaitu 10, 20, 30, 50, 60, 70, dan 90 menit. Larutan *remazol brilliant violet* 40 ppm dengan pH 4 dikontakkan dengan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat sebanyak 0,4 gram dan dilakukan pengocokan dengan variasi waktu kontak. Setiap variasi waktu kontak dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Setelah pengontakan dengan adsorben, larutan zat warna diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *visible*.



Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, waktu kontak optimum yang diperoleh yaitu pada waktu 60 menit. Selama 60 menit waktu kontak, diperoleh persen adsorpsi rata-rata sebesar 9,4%. Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara waktu kontak dengan persen adsorpsi zat warna *remazol brilliant violet*.



**Gambar 4.1** Kurva hubungan antara waktu kontak dengan biosorpsi *remazol brilliant violet* pada pH 4 menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat

Berdasarkan gambar 4.1 diperoleh persen adsorpsi yang mengalami peningkatan dari menit ke-10 hingga menit ke-60. Pada menit ke-70 dan 90 terjadi peningkatan juga, tetapi dari uji BNT seperti pada lampiran F.2 tidak berbeda nyata sehingga waktu kontak 60 menit merupakan waktu kontak optimum antara adsorben dengan *remazol brilliant violet*.

Pada awal kontak antara adsorben dengan zat warna, adsorpsi berlangsung cepat karena masih banyak sisi aktif dari adsorben yang dapat berikatan dengan zat warna. Tetapi seiring dengan berjalannya waktu, akan tercapai titik kesetimbangan dimana proses adsorpsi akan sama dengan proses desorpsi. Kemungkinan yang dapat terjadi yaitu adsorbat akan terlepas karena permukaan adsorben yang telah jenuh atau persen adsorpsi akan berjalan konstan [51]. Adapun gugus fungsi

yang telah ditempati atau terikat dengan zat warna telah tercapai, maka proses biosorpsi akan kurang efisien [52].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nastaj dkk [53] pada adsorpsi logam menggunakan kalsium alginat yang menyebutkan waktu kontak optimum diperoleh pada 90 menit. Waktu kontak yang semakin lama akan meningkatkan persen adsorpsi logam tetapi setelah mencapai kesetimbangan, kapasitas logam yang teradsorpsi akan bernilai konstan.

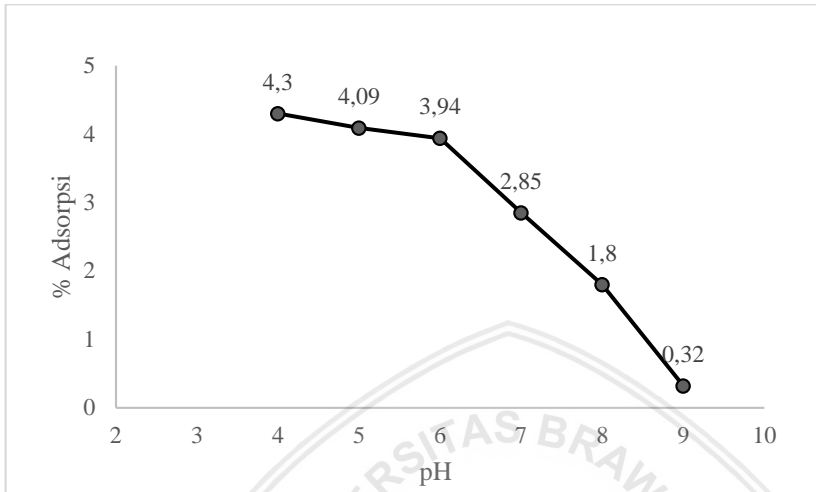
Hasil uji ANOVA seperti pada lampiran F.1, diperoleh F hitung lebih besar daripada F tabel 5% dan 1%. Nilai F hitung yang didapatkan adalah 19,3 dengan nilai F tabel 5% dan 1% sebesar 2,84 dan 4,45 sehingga dapat dinyatakan antar perlakuan memiliki perbedaan yang sangat nyata dan waktu kontak *Trichoderma viride* amobil dalam Ca-alginat dengan zat warna *remazol brilliant violet* memiliki pengaruh dalam persen adsorpsi yang diperoleh. Dari uji BNT dengan tabel 5% pada lampiran F.2, tidak terdapat perbedaan yang nyata antara variasi waktu kontak 20 dan 30 menit, 50; 60; dan 70 menit karena memiliki notasi yang sama. Pada uji BNT dengan tabel 1% notasi yang sama dimiliki variasi waktu kontak 10 dan 20 menit, 30 dan 50 menit, serta 60, 70, dan 90 menit.

#### **4.2 Penentuan pH Optimum dari Biosorpsi *Remazol Brilliant Violet* Menggunakan *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat**

Penentuan pH awal optimum dari penelitian ini menggunakan beberapa variasi pH, yaitu pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan konsentrasi larutan *remazol brilliant violet* yaitu 40 ppm. Sebanyak 0,4 gram adsorben *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat ditambahkan pada larutan zat warna. Setelah ditambahkan, dilakukan pengocokan selama 60 menit.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa pH awal optimum untuk adsorpsi zat warna *remazol brilliant violet* adalah pada pH 4 dengan persen adsorpsi rata-rata sebesar 4,3%. Hal tersebut

ditunjukkan pada gambar 4.2 berupa hubungan antara pH awal dengan persen adsorpsi rata-rata.



**Gambar 4.2** Kurva hubungan antara pH dengan biosorpsi *remazol brilliant violet* pada waktu kontak 60 menit menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa persen adsorpsi mengalami penurunan dari pH 4 hingga pH 9. Persen adsorpsi pada pH 4 lebih besar karena adanya protonasi pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh ion  $H^+$  dari asam. Protonasi dari permukaan adsorben akan menghasilkan interaksi elektrostatis antara adsorben dengan zat warna *remazol brilliant violet* karena zat warna tersebut merupakan zat warna anionik yang memiliki gugus fungsi sulfonat bermuatan negatif.

Kemampuan adsorpsi pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh  $pH_{pzc}$  yaitu pH saat titik muatannya bernilai 0. Pada adsorpsi zat warna anionic terjadi pada  $pH < pH_{pzc}$ , dimana permukaan akan bermuatan positif [37].  $pH_{pzc}$  merupakan parameter yang mengindikasikan nilai pH pada permukaan tidak bermuatan. Parameter ini penting karena dapat memprediksi perubahan permukaan adsorben dengan adanya pH. Pada pH yang lebih rendah

dari  $pH_{pzc}$ , permukaan akan bermuatan positif, sedangkan pH yang lebih tinggi dari  $pH_{pzc}$  akan menghasilkan permukaan yang bermuatan negatif. pH sistem merupakan unsur penting dalam proses adsorpsi karena pH dapat mengubah keseimbangan dari gugus ionik pada adsorben dan zat warna yang menyebabkan interaksi elektrostatik [10]. Menurut Hanna dkk [54], kalsium alginat memiliki  $pH_{pzc}$  6,5. Pada pH lebih dari 6,5 akan terionisasi yang menyebabkan muatan negatif pada permukaan adsorben dapat menyulitkan terserapnya zat warna.

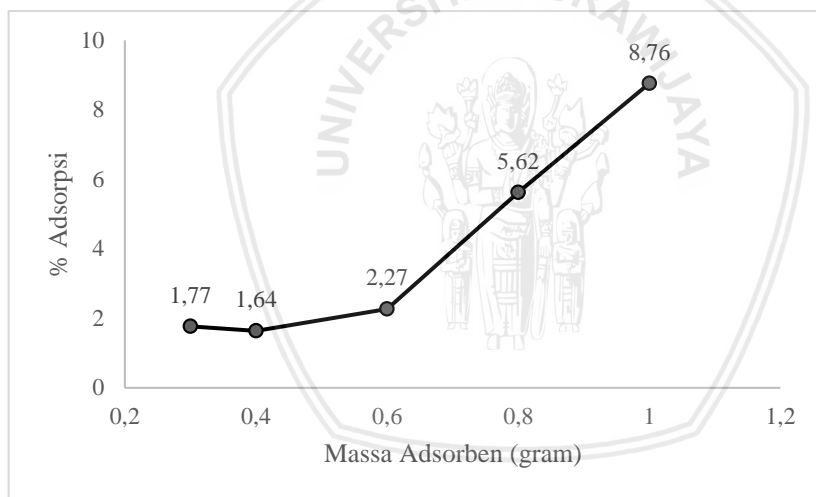
Penelitian yang dilakukan oleh Bello dkk [9], pada adsorpsi zat warna *remazol brilliant violet* menggunakan sekam buah coklat teraktivasi karbon menghasilkan persen adsorpsi yang menurun seiring dengan naiknya pH larutan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ribeiro dkk [10] yaitu adsorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan sekam padi menghasilkan persen adsorpsi tertinggi pada pH 1. Hal ini sesuai dengan yang diperoleh pada penelitian ini karena pH larutan yang rendah dapat meningkatkan muatan positif pada permukaan adsorben yang menyebabkan tertariknya muatan negatif dari gugus fungsi zat warna anionik [9].

Data uji ANOVA pada lampiran F.3, menghasilkan F hitung dengan nilai 28,83, lebih besar daripada F tabel 5% dan 1%. Artinya antar perlakuan memiliki hasil yang sangat berbeda nyata dan variasi pH memiliki pengaruh dalam adsorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat. Dari uji BNT seperti pada lampiran F.4 dengan tabel 5%, dihasilkan bahwa pH 5 dan 6 serta 8 dan 9 berbeda nyata, sedangkan pH 4 dan 5 serta 7 dan 8 tidak berbeda nyata karena memiliki notasi yang sama. Untuk uji BNT dengan tabel 1%, diperoleh bahwa pH 6 dan 7 serta pH 8 dan 9 berbeda nyata, sedangkan pH 4, 5, dan 6 serta pH 7 dan 8 tidak berbeda nyata.

### 4.3 Penentuan Jumlah Adsorben Optimum dari Biosorpsi *Remazol Brilliant Violet* Menggunakan *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat

Penelitian mengenai penentuan jumlah adsorben *Trichoderma viride* teramobil dalam Ca-alginat optimum dilakukan dengan menggunakan variasi massa adsorben yaitu 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 gram pada pH 4 dengan waktu kontak selama 60 menit. Menurut Zahra dkk [43], adsorpsi zat warna akan meningkat dengan meningkatnya jumlah adsorben karena permukaan spesifik menjadi lebih besar dan ketersediaan situs-situs adsorpsi yang lebih banyak.

Pada penelitian ini, diperoleh jumlah adsorben optimum pada 1 gram dengan persen adsorpsi rata-rata sebesar 8,76%. Hasil adsorpsi tersebut membuktikan bahwa jumlah adsorben mempengaruhi proses biosorpsi.



**Gambar 4.3** Kurva hubungan antara massa adsorben dengan biosorpsi *remazol brilliant violet* pada pH 4 dan waktu kontak 60 menit menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat

Gambar 4.3 menunjukkan dengan kondisi pH 4 dan waktu kontak 60 menit terjadi kenaikan persen adsorpsi dari jumlah massa

adsorben 0,4 hingga 1 gram. Pada jumlah adsorben 0,3 gram ke 0,4 gram terjadi sedikit penurunan persen adsorpsi yang tidak berbeda nyata.

Persen adsorpsi yang kecil dapat disebabkan oleh ukuran pori Ca-alginat yang kecil yaitu  $5,2 \text{ nm} \pm 0,9 \text{ nm}$  [55]. Selain itu, ukuran dari molekul zat warna *remazol brilliant violet* yang terlalu besar juga mempengaruhi persen adsorpsi yang diperoleh. Menurut *National Center for Biotechnology Information* [56], *remazol brilliant violet* memiliki massa molekul relatif sebesar 735,563 gram/mol.

Uji ANOVA pada lampiran F.5 menghasilkan nilai F hitung lebih besar dibandingkan F tabel 5% dan 1%. F hitung yang diperoleh yaitu 65,11 dengan F tabel 5% dan 1% masing-masing sebesar 3,48 dan 5,99. Artinya antar perlakuan terdapat perbedaan yang sangat nyata dan variasi jumlah adsorben memberikan pengaruh pada persen adsorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat. Dari uji BNT pada lampiran F.6, dengan tabel 5% dan 1%, diperoleh perbedaan notasi pada jumlah adsorben 0,6; 0,8 dan 1 gram yang berarti terdapat perbedaan yang nyata antar jumlah adsorben, sedangkan pada jumlah adsorben 0,3; 0,4; dan 0,6 gram tidak terdapat perbedaan yang nyata.

#### **4.4 Kapasitas Adsorpsi**

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung pada kondisi optimum yang diperoleh pada penelitian ini, yaitu pada waktu kontak, pH, dan jumlah adsorben. Pada penelitian ini, didapatkan kondisi optimum pada waktu kontak 60 menit, pH 4 dengan jumlah adsorben optimum sebanyak 1 gram. Kapasitas adsorpsi yang diperoleh menandakan seberapa besar *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat dapat menyerap larutan *remazol brilliant violet*. Pada penelitian ini, diperoleh kapasitas adsorpsi rata-rata sebesar 0,089 mg/gram.

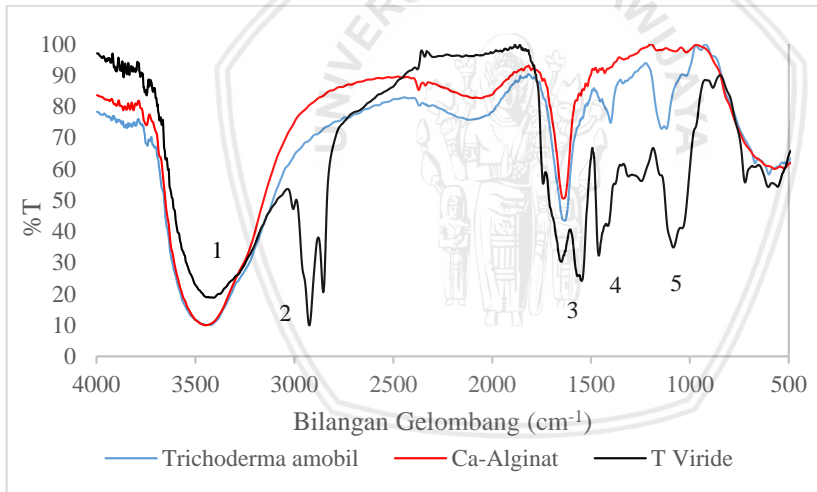
Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bishnoi dkk [57] tentang biosorpsi logam Cr(VI) menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat. Kapasitas adsorpsi

maksimum yang diperoleh yaitu sebesar 16,075 mg/g. Perbedaan kapasitas adsorpsi ini disebabkan ion logam Cr(VI) berukuran lebih kecil daripada *remazol brilliant violet* yang besar.

#### 4.5 Analisis Gugus Fungsi dengan Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Analisis gugus fungsi pada penelitian ini menggunakan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang 4000 – 500  $\text{cm}^{-1}$  yang dapat menunjukkan gugus fungsi *Trichoderma viride* murni, Ca-alginat dan *Trichoderma viride* yang telah diamobilisasi dengan Ca-alginat serta *Trichoderma viride* amobil yang telah dikontakkan dengan *remazol brilliant violet*.

##### 4.5.1 Analisis FTIR *Trichoderma viride*, Ca-alginat, dan *Trichoderma viride* Teramobilisasi oleh Ca-Alginat



**Gambar 4.4** Spektra IR *Trichoderma viride* sebelum dan setelah amobilisasi serta Ca-alginat

**Tabel 4.1** Analisis Gugus Fungsi *Trichoderma viride* sebelum dan setelah amobilisasi dengan Ca-alginat

No.	Sebelum amobilisasi		Ca-alginat		Setelah amobilisasi	
	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
1.	3429,20	O-H	3452,34	O-H	3423,41	O-H
2.	2923,88	C-H sp <sup>3</sup>				
3.	1649,02	C=O amida	1637,45	C=O karboksilat	1631,67	C=O amida
4.	1460,01	C-H alkana	1431,08	C-H alkana	1402,15	C-H alkana
5.	1083,92	C-N amina			1118,64	C-N amina

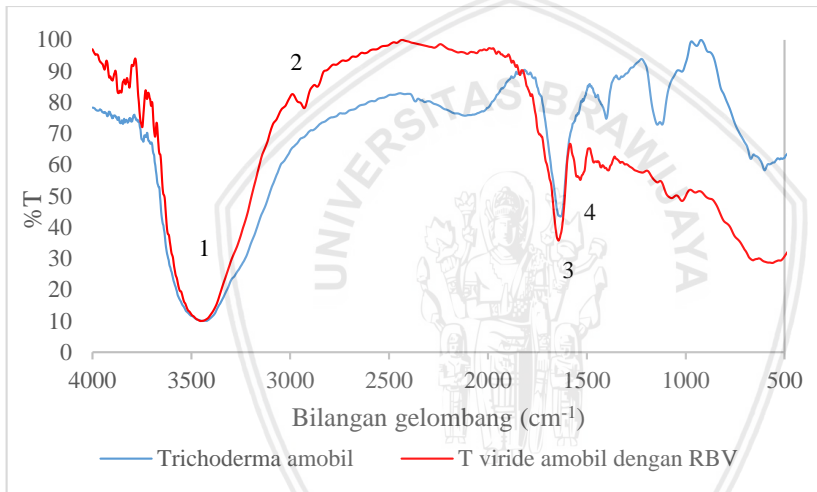
Pada spektra IR dari Ca-alginat terdapat bilangan gelombang 3452,34 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus O-H, kemudian terdapat gugus C=O karboksilat yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1637,45 cm<sup>-1</sup>. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Daemi dan Barikani [58], yang menyebutkan bahwa bilangan gelombang pada kisaran 1600 dan 1400 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi ulur asimetrik dari ion karboksilat. *Peak* ini sangat spesifik untuk karakterisasi struktur alginat dari turunannya.

Pada analisis gugus fungsi *Trichoderma viride* sebelum amobilisasi, terdapat bilangan gelombang 3429,20 cm<sup>-1</sup> yang merupakan milik gugus fungsi O-H. Kemudian terdapat bilangan gelombang 2923,88 cm<sup>-1</sup> dari C-H ulur yang diperkuat dengan gugus fungsi C-H tekuk pada bilangan gelombang 1460,01 cm<sup>-1</sup>. Selain itu terdapat gugus fungsi C=O amida yang memiliki bilangan gelombang 1649,02 cm<sup>-1</sup>. Analisis gugus fungsi *Trichoderma viride* ini sama dengan hasil spektra IR yang dilakukan oleh Taloin dkk [59] pada penelitian biosorpsi timbal(II) menggunakan *Trichoderma viride* yang menghasilkan spektra IR pada kisaran bilangan gelombang yang sama untuk gugus fungsi C-H alkana dan C=O amida,



Setelah amobilisasi, *Trichoderma viride* amobil hanya memiliki gugus fungsi dari O-H alkohol dan C=O amida yang juga dimiliki oleh Ca-alginat. Tetapi yang membedakan antara Ca-alginat dengan *Trichoderma viride* amobil adalah pada *peak* O-H alkohol dari *Trichoderma viride* terdapat *overlapping peak* dari N-H amida yang tidak dimiliki pada spektra Ca-alginat. Hal ini dapat diketahui dari bentuk spektra *Trichoderma viride* amobil yang memiliki *shoulder* pada kisaran bilangan gelombang 3500  $\text{cm}^{-1}$ .

#### 4.5.2 Analisis FTIR *Trichoderma viride* Amobilisasi dengan Ca-Alginat dengan dan Tanpa Remazol Brilliant Violet



**Gambar 4.5** Spektra IR *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat sebelum dan setelah biosorpsi

**Tabel 4.2** Analisis Gugus Fungsi *Trichoderma viride* amobil sebelum dan setelah dikontakkan dengan larutan *remazol brilliant violet*

No.	Sebelum biosorpsi		Setelah biosorpsi	
	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
1.	3423,41	O-H karboksilat	3452,34	O-H karboksilat
2.			2929,67	C-H sp <sup>3</sup>
3.	1631,67	C=O amida	1643,24	C=O amida dan
4.			1533,30	C=C benzena

Pada analisis gugus fungsi *Trichoderma viride* amobil sebelum dikontakkan dengan *remazol brilliant violet* menggunakan spektrofotometer FTIR pita yang muncul pada bilangan gelombang 3423,41 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsi dari O-H alkohol. Kemudian pada bilangan gelombang 1631,67 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi dari C=O amida. Gugus fungsi dari N-H amida dapat ditunjukkan pada kisaran 3500-3300 cm<sup>-1</sup>. Tetapi hal ini tidak dapat terlihat pada spektra yang kemungkinan disebabkan adanya *overlay peak* N-H amida dan O-H alkohol.

Setelah biosorpsi atau pengontakkan *Trichoderma viride* amobil dengan *remazol brilliant violet*, terdapat *peak* dengan bilangan gelombang 2929,67 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan adanya gugus fungsi C-H sp<sup>3</sup>. Selain itu terdapat *peak* dengan bilangan gelombang 1643,24 cm<sup>-1</sup> dan 1533,30 cm<sup>-1</sup> dari C=C benzena. Gugus fungsi C=C benzena memiliki ciri khas yaitu dengan memiliki dua *peak* pada kisaran 1600 cm<sup>-1</sup> dan 1500-1450 cm<sup>-1</sup>. Adanya gugus fungsi benzena setelah biosorpsi ini mengindikasikan adanya ikatan dengan *remazol brilliant violet* yang berasal dari gugus sulfonat. Ikatan yang terjadi antara *remazol brilliant violet* dengan *Trichoderma viride* amobil pada gugus amida yang bermuatan positif dan gugus sulfonat dari zat warna.

repository.ub.ac.id

Ikatan ini yang menyebabkan pergeseran bilangan gelombang ke kiri dan penurunan persen transmansi (%T).

Pergeseran gelombang pada sebelum dan setelah proses biosorpsi zat warna *remazol brilliant violet* mengindikasikan adanya interaksi antara *T. viride* amobil dengan zat warna. Setelah proses biosorpsi, intensitas dari gugus fungsi C=O amida bertambah. Hal ini menurut Yang dkk [60], menjelaskan bahwa bertambahnya intensitas dari gugus fungsi biosorben menandakan adanya interaksi elektrostatik untuk mengikat zat warna. Interaksi antara golongan senyawa NH<sub>2</sub> dari biosorben ada pada tiga gugus fungsi SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> dari *remazol brilliant violet*.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu kontak optimum pada biosorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat adalah 60 menit dengan persen adsorpsi rata-rata sebesar 9,4%.
2. pH optimum pada biosorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat adalah pH 4 dengan persen adsorpsi rata-rata sebesar 4,3%.
3. Jumlah adsorben optimum pada biosorpsi *remazol brilliant violet* menggunakan *Trichoderma viride* yang diamobilisasi dengan Ca-alginat adalah 1 gram dengan persen adsorpsi rata-rata sebesar 8,76%.
4. Gugus fungsi FTIR yang terlibat dalam proses amobilisasi *T. viride* dengan Ca-alginat adalah O-H dan C=O karboksilat, sedangkan pada proses biosorpsi *remazol brilliant violet* adalah C-H sp<sub>3</sub>, C=O amida dan C=C benzena.

### 5.2 Saran

Untuk diperoleh kapasitas adsorpsi yang maksimum, sebaiknya menggunakan matriks yang memiliki ukuran pori lebih besar karena ukuran zat warna *remazol brilliant violet* yang besar.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahfudloh, Hesti L., 2017, **Strategi Penanganan Limbah Industri Batik di Kota Pekalongan**, *Journal of Public Policy and Management Review*, Vol. 6, No. 3
- [2] Nurainun, Heriyana dan Rasyimah, 2008, **Analisis Industri Batik di Indonesia**, *Fokus Ekonomi (FE)*, Vol.7, No. 3, 124-135
- [3] Kartikasari, E. & Yasmi Teni Susiati, 2016, **Pengaruh Fiksator pada Ekstrak Daun Mangga dalam Pewarnaan Tekstil Batik Ditinjau Dari Ketahanan Luntur Warna Terhadap Keringat**, *Jurnal SCIENTECH*, Vol 2 No 1
- [4] Suprihatin, H., 2014, **Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya**, *Jurnal Kajian Lingkungan*, Vol. 2, No. 2
- [5] Sitanggang, Petra Y., 2017, **Pengolahan Limbah Tekstil dan Batik di Indonesia**, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [6] Andriani, R. & Hartini, 2017, **Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*)**, *Jurnal SainHealth*, Vol. 1 No. 2
- [7] Bello, Olugbenga S. & Mohd Azmier Ahmad, 2011, **Removal of Remazol Brilliant Violet-5R dye using periwinkle shells**, *Chemistry and Ecology*, Vol. 27, No. 5, 481–492
- [8] Yagub, Mustafa T., Tushar Kanti Sen, Sharmeen Afroze, H. M. Ang, 2014, **Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review**, *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 172–184

- repository.ub.ac.id
- [9] Bello, Olugbenga S., Tan Tong Siang, Mohd Azmier Ahmad, 2012, **Adsorption of Remazol Brilliant Violet-5R reactive dye from aqueous solution by cocoa pod husk-based activated carbon: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies**, *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, Vol. 7, No. 3, 378-388
- [10] Ribeiro, Geysa Adriana C., Domingos Sérgio Araújo Silva, Clayane Carvalho dos Santos, Adriana Pires Vieira, Cícero Wellington Brito Bezerra, Auro Atsushi Tanaka and Sirlane Aparecida Abreu Santana, 2017, **Removal of Remazol brilliant violet textile dye by adsorption using rice hulls**, *Polímeros*, 27(1), 16-26,
- [11] Maurya, Nityanand S., Atul Kumar Mittal, Peter Cornel, Elmar Rother, 2006, **Biosorption of dyes using dead macro fungi: Effect of dye structure, ionic strength and pH**, *Bioresource Technology*, 97, 512–521
- [12] Ramya, A., Kanderi D. Kumar, B.S. Shanthi Kumari, S. N. Krushna Naik & B. Rajasekhar Reddy, 2018, **Decolorization of the dye Remazol Brilliant Violet by the white rot fungus *Stereum ostrea***, *International Journal of Creative Research Thoughts*, Vol 6 Issue 1
- [13] Rahmayanti, Prima V., 2007, **Optimasi pH dan Waktu Kontak Biosorpsi Zat Warna Remazol Yellow oleh Biomassa *Rhizopus oryzae* Aktif dan Terimmobilisasi**, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- [14] Khoirudin, M., 2015, **Biodegradasi Pewarna Tekstil Metil Orange oleh Jamur Pelapuk Coklat *Gloeophyllum trabeum***, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [15] Przystas, W., Ewa Zabłocka-Godlewska, Elzbieta Grabinska-Sota, 2017, **Efficiency of decolorization of different dyes using fungal biomass immobilized on different solid**

**supports**, *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol. 49, No. 2, 285-295

- [16] Anwar, A., Shah Ali Ul Qader, Aliya Raiz, Samina Iqbal & Abid Azhar, 2009, **Calcium Alginate: A Support Material for Immobilization of Proteases from Newly Isolated Strain of *Bacillus subtilis* KIBGE-HAS**, *World Applied Sciences Journal*, Vol. 7, No. 10, 1281-1286
- [17] Siddique, R. & Hasan Hasnaeen Ahmed, 2017, **Isolation, Identification and Characterization of Azo Dye Ractive Violet 5R Degrading Bacterial Strains From The Textile Sludge**, *J. Bangladesh Acad. Sci.*, Vol. 41, No. 2, 137-143
- [18] Anouar, H., Elhassan Anouar, Abderrahim El Hourch, and Kacem El Kacemi, 2014, **Density functional theory study of Reactive Violet 5R azo dye**, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 9, No. 3, 1362-1367
- [19] Malinovic, Borislav N. & Miomir G. Pavlovic, 2016, **Decolorization of reactive violet 5 dye in textile wastewater by electrocoagulation**, *J. Electrochem. Sci. Eng.*, 6(1) 67-75
- [20] Ratnawati, E., Rahyani Ermawati dan Siti Naimah, 2010, **Teknologi Biosorpsi Oleh Mikroorganism, Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat**, *Jurnal Kimia dan Kemasan*, Vol. 32, No.1, 34-40
- [21] Saraf, S. & Varsha K. Vaidya, 2015, **Comparative Study of Biosorption of Textile Dyes Using Fungal Biosorbents**, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Special Issue-2 (2015) pp. 357-365*
- [22] Argun, Yusuf A., Ayse Karacali, Ulas Calisir, Namik Kilinc & Hakan Irak, 2017, **Biosorption Method and Biosorbents For Dye Removal From Industrial Wastewater: A Review**, *International Journal of Advanced Research*, Vol 5, No 8



- repository.ub.ac.id
- [23] Vijayaraghavan, K., and Yun, Y.S., 2008, **Bacterial biosorbents and biosorption**, *Biotechnology Advances*, 26(3), 266-291.
- [24] Waghunde, Rajesh R., Wahul M. Shelake & Ambalal N. Sabalpara, 2016, **Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment**, *African Journal of Agricultural Research*, Vol 11 (22), pp 1952-1965
- [25] Meena, H. & Siddhardha Busi, 2018, **Biosorption of Dye and Heavy Metal Pollutants by Fungal Biomass: A Sustainable Approach**, *Mycoremediation and Environmental Sustainability*, Fungal Biology, Springer, Cham
- [26] Sharma, P., Vignesh Kumar P., Ramesh R., Saravanan K., Deep S., Sharma M., Mahesh S. & Dinesh S., 2011, **Biocontrol genes from Trichoderma species: A review**, *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10(86), pp. 19898-19907
- [27] Khandelwal, M., Sakshi Datta, Jitendra Mehta, Ritu Naruka, Komal Makhijani, Gajendra Sharma, Rajesh Kumar and Subhas Chandra, 2012, **Isolation, characterization & biomass production of Trichoderma viride using various agro products- A biocontrol agent**, *Advances in Applied Science Research*, 3 (6), 3950-3955
- [28] Elakkiya, M., D. Prabhakaran & M. Thirumarimurugan, 2016, **Methods of Cell Immobilization and Its Application**, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, Issue 4
- [29] Martins, Suzana C. S., Claudia Miranda Martins, Larissa Maria Cidrão Guedes Fiúza and Sandra Tédde Santaella, **Immobilization of microbial cells: A promising tool for treatment of toxic pollutants in Industrial waste water**, *African Journal of biotechnology*, vol. 12(28), 4412-4418

- [30] Hassan Mohamed, Tamer Tamer, Omer Ahmed, 2016, **Methods of Enzyme Immobilization**, *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 7(6)
- [31] Jonathan Woodward, 2004, **Methods of immobilization of microbial cells**, *Journal of microbiological methods*, vol. 8, 91-102
- [32] Poonampatil, Dakshachavanke, Milindwagh, 2012, **A review on ionotropic gelation method: Novel approach for controlled gastroretentive gelspheres**, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences*, vol. 4, suppl. 4, pp. 27-32
- [33] Nguyen, Hoang H. & Moonil Kim, 2017, **An Overview of Techniques in Enzyme Immobilization**, *Applied Science Convergence Technology*, Vol. 26, No. 6, 157-163
- [34] Karav, S., Joshua L. Cohen, Daniela Barile & Juliana Maria Leite Nobrega de Moura Bell, 2017, **Recent Advances in Immobilization Strategies for Glycosidases**, *Biotechnology Progress*, 33(1), 104-112
- [35] Mohamad, Nur R., Nur Haziqah Che Marzuki, Nor Aziah Buang, Fahrul Huyop & Roswanira Abdul Wahab, 2015, **An overview of technologies for immobilization of enzymes and surface analysis techniques for immobilized enzymes**, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(2), 205-220
- [36] Bing Wang, Yongshan Wan, Yuling Zheng, Xinqing Lee, Taoze Liu, Zebin Yu, Jun Huang, Yong Sik Ok, Jianjun Chen & Bin Gao, 2018, **Alginate-based composites for environmental applications: a critical review**, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, DOI: 10.1080/10643389.2018.1547621)
- [37] Asadi, S., Eris, S., & Azizian, S., 2018, **Alginate-Based Hydrogel Beads as a Biocompatible and Efficient Adsorbent**

for Dye Removal from Aqueous Solutions, *ACS Omega*, 3(11), 15140–15148. doi:10.1021/acsomega.8b02498

- [38] Nandi B, Goswami A, Purkait M., 2009, **Removal of cationic dyes from aqueous solutions by kaolin: kinetic and equilibrium studies**, *Appl Clay Sci*, 42(3–4), 583–90.
- [39] Liu W, et al., 2012, **Kinetics and thermodynamics characteristics of cationic yellow X-GL adsorption on attapulgite/rice hull-based activated carbon nanocomposites**, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32 (3), 655–62.
- [40] Bulut Y, Aydın H., 2006, **A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells**, *Desalination*, 194(1), 259–67.
- [41] Argun ME, et al., 2008, **Activation of pine cone using Fenton oxidation for Cd (II) and Pb (II) removal**, *Bioresour Technol*, 99(18), 8691–8
- [42] Salleh MAM, et al, 2011, **Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review**, *Desalination*, 280(1), 1–13.
- [43] Zahra, Nurulbaiti L., Doni Sugiyana, Suprihanto Notodarmojo, 2014, **Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 pada Tanah Liat Lokal Alami**, *Arena Tekstil*, Vol. 29, No. 2, 63-72
- [44] Zian, Ita Ulfin, dan Harmami, 2016, **Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco**, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 5, No. 2
- [45] Geoffrey Michael Gadd, 2009, **Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment**, *J Chem Technol Biotechnol*, vol. 84, pp. 13–28

- [46] Ahalya, N., Ramachandra, T. V., and Kanamadi, R. D., 2003, **Biosorption of Heavy Metals**, *Research Journal of Chemistry and Environment*, vol. 7, pp. 71-79
- [47] Sanada, Ratu A., Setyo S. Moersidik, Nyoman Suwartha, 2014, **Adsorpsi zat warna kationik (methylene blue) menggunakan karbon aktif tempurung kelapa dan batu bara serta efisiensi regenerasinya**, Program Studi Teknik Lingkungan, FT, Universitas Indonesia, Depok
- [48] Sihotang, A. & Dian, S., 2009, **Pemanfaatan limbah sekam padi menjadi arang aktif sebagai adsorben**, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- [49] Abdi, Omran & Mosstafa Kazemi, 2015, **A review study of biosorption of heavy metals and comparison between different biosorbents**, *Journal Material Environment Sciences*, Vol. 6, No, 5, 1386-1399
- [50] Wirawan, Ahmad E., Syamsuddin Djauhari, Lilik Sulistyowati, 2014, **Analisis Perbedaan Pengaruh Penerapan Sistem PHT dan Konvensional terhadap Keanekaragaman *Trichoderma* sp. Pada Lahan Padi**, *Jurnal HPT*, Volume 2, Nomor 3
- [51] Yagub, Mustafa T., Tushar Kanti Sen, Sharmeen Afroze, H. M. Ang, 2014, **Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review**, *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 172–184
- [52] K. C. Castro, A. S. Cossolin, H. C. O. Reis, E. B. Morais, 2017, **Biosorption of anionic textile dyes from aqueous solution by yeast slurry from brewery**, *Braz. arch. biol. Technol*, Vol. 60 Curitiba
- [53] Nastaj J., Agata Przewłocka, Monika Rajkowska-Myśliwiec, 2016, **Biosorption of Ni(II), Pb(II) and Zn(II) on calcium**

**alginate beads: equilibrium, kinetic and mechanism studies,**  
*Polish Journal of Chemical Technology*, 18, 3, 81-87

- [54] Hanna Siwek, Artur Bartkowiak & Małgorzata Włodarczyk, 2019, **Adsorption of Phosphates from Aqueous Solutions on Alginate/Goethite Hydrogel Composite**, *Water*, 11, 633
- [55] Cheryl Simpliciano , Larissa Clark, Behrokh Asi, Nathan Chu, Maria Mercado, Steven Diaz, Michel Goedert, Maryam Mobed-Miremadi, 2013, **Cross-Linked Alginate Film Pore Size Determination Using Atomic Force Microscopy and Validation Using Diffusivity Determinations**, *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 3, 1-12
- [56] National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. **Remazol Brilliant Violet 5R**, CID=135445762, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Reactive-Violet-5> (accessed on May 29, 2019)
- [57] Bishnoi, Narsi R., Rajender Kumar & Kiran Bishnoi, 2007, **Biosorption of Cr(VI) with *Trichoderma viride* immobilized fungal biomass and cell free Ca-alginate beads**, *Indian Journal of Experimental Biology*, Vol. 45, pp 657-664
- [58] H. Daemi, M. Barikani, 2012, **Synthesis and characterization of calcium alginate nanoparticles, sodium homopolymannuronate salt and its calcium nanoparticles**, *Scientia Iranica, Transactions F: Nanotechnology*, 19, 2023–2028
- [59] Taloin, R., Anna Safitri, Sasangka Prasetyawan, Budi Kamulyan, Ulfa Andayani, 2018, **Biosorption of Lead(II) using *Trichoderma viride* in the Aqueous Solution**, *J. Pure App. Chem. Res.*, 7(1), 70-78
- [60] Yang YY, Li ZL, Wang G, Zhao XP, Crowley DE, et al., 2012, **Computational Identification and Analysis of the Key**

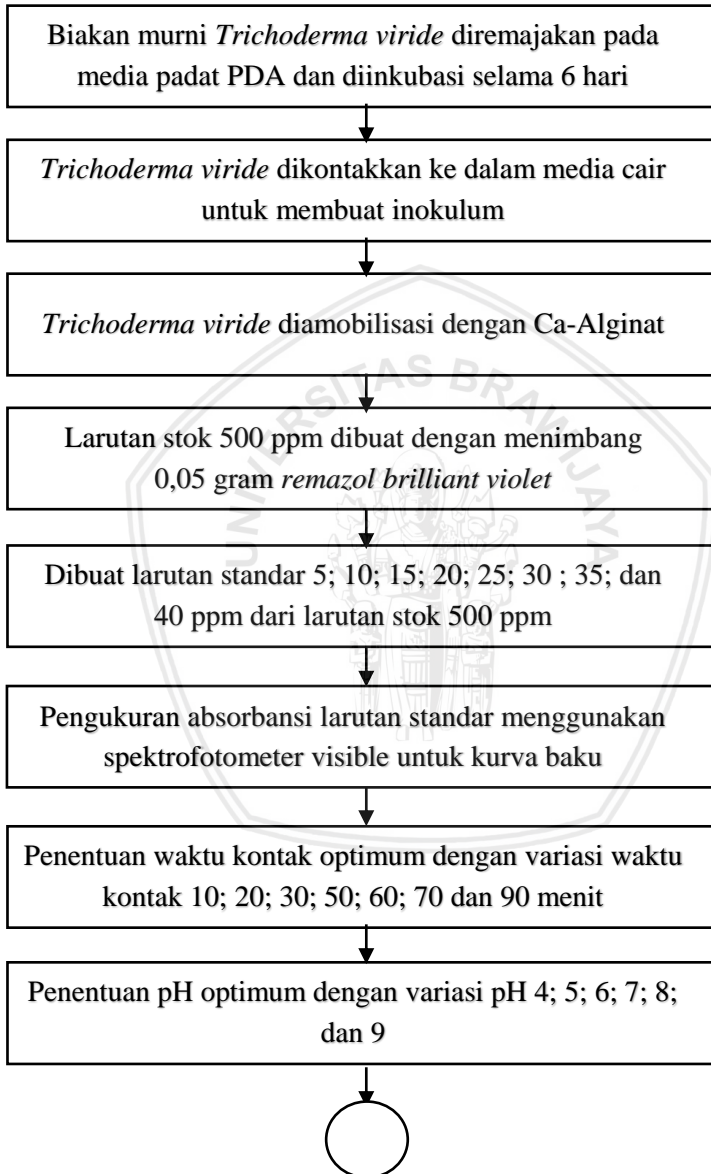
**Biosorbent Characteristics for the Biosorption Process of  
Reactive Black 5 onto Fungal Biomass, *PLOS ONE*, 7 (3)**



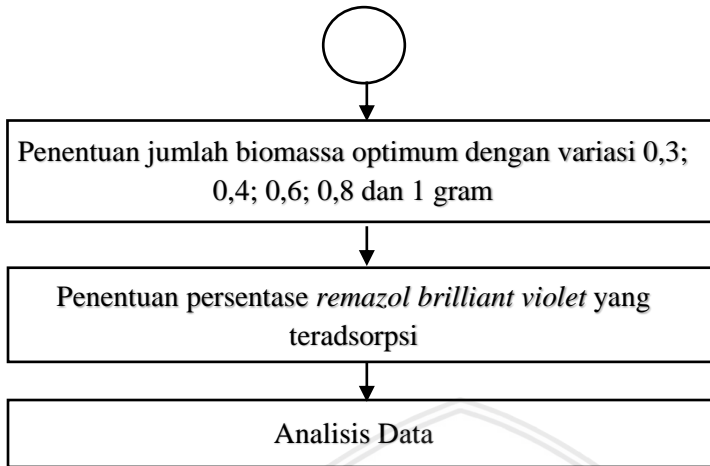


## LAMPIRAN

## Lampiran A. Diagram Alir Penelitian







## Lampiran B. Preparasi Larutan

### B.1 Akuades steril

Akuades sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Erlenmeyer ditutup dengan kapas lalu disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi.

### B.2 Larutan asam asetat 0,3 M

Asam asetat glasial 100% (berat jenis: 1,05 g/mL; berat molekul: 60 g/mol; konsentrasi 17,5 M) diambil sebanyak 1,71 mL menggunakan pipet ukur dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades hingga mencapai tanda batas.

### B.3 Larutan natrium asetat 0,3 M

Natrium asetat (berat molekul: 82,02 g/mol) sebanyak 2,7 gram dilarutkan dengan akuades secukupnya kemudian dipindahkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas.

## B.4 Buffer asetat pH 5

Larutan asam asetat 0,3 M sebanyak 100 mL dimasukkan ke gelas kimia kemudian ditambahkan dengan 180 mL larutan natrium asetat 0,3 M dan diaduk hingga homogen.

## B.5 Larutan stok remazol brilliant violet 50 ppm

Serbuk *remazol brilliant violet* ditimbang sebanyak 0,005 gram menggunakan neraca analitik kemudian ditambahkan akuades secukupnya hingga larut di dalam gelas kimia. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas.

## B.6 Larutan NaOH 0,1 M

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 0,4 gram dengan neraca analitik dan dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas.

## B.7 Larutan HCl 0,1 M

Larutan HCl 37% diambil sebanyak 0,83 mL menggunakan pipet ukur dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL berisi akuades kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas.

## Lampiran C. Perhitungan Preparasi Larutan

### C.1 Larutan asam asetat 0,3 M

Larutan asam asetat 0,3 M dibuat dari asam asetat glasial 100% dengan cara:

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi asam asetat glasial} &= \frac{\text{Berat Jenis}}{\text{Berat Molekul}} \\ &= \frac{1,05 \times 1000 \text{ g/L}}{60 \text{ g/mol}}\end{aligned}$$

$$= 17,5 M$$

Jadi, untuk membuat asam asetat 0,3 M dilakukan pengenceran dengan rumus sebagai berikut:

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$17,5 M \times V1 = 0,3 M \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 1,71 \text{ mL}$$

## C.2 Larutan natrium asetat 0,3 M

Larutan natrium asetat 0,3 M dibuat sebanyak 100 mL dengan cara:

$$\text{Mol CH}_3\text{COONa} = [\text{CH}_3\text{COONa}] \times V_{\text{larutan}}$$

$$= 0,3 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,03 \text{ mol}$$

$$\text{Massa CH}_3\text{COONa} = \text{mol CH}_3\text{COONa} \times \text{BM CH}_3\text{COONa}$$

$$= 0,03 \text{ mol} \times 82,02 \text{ g/mol}$$

$$= 2,4606 \text{ gram}$$

## C.3 Buffer asetat pH 5

$$K_a \text{ asam asetat} = 1,8 \times 10^{-5}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COONa}]}$$

$$5 = 4,74 - \log \frac{100 \text{ mL} \times 0,3 \text{ mmol/mL}}{(100+V)\text{mL}} \\ \frac{V \text{ mL} \times 0,3 \text{ mmol/mL}}{(100+V)\text{mL}}$$

$$V = 180 \text{ mL}$$

## C.4 Larutan stok remazol brilliant violet 50 ppm

Larutan stok *remazol brilliant violet* 50 ppm dibuat sebanyak 100 mL

$$50 \text{ ppm} = 50 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{50 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}}$$

$$\frac{50 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \rightarrow \frac{5 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} = \frac{0,005 \text{ g}}{100 \text{ mL}}$$

### C.5 Larutan NaOH 0,1 M

Larutan NaOH 0,1 M (berat molekul: 40 g/mol) dibuat sebanyak 100 mL dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH} &= [\text{NaOH}] \times V_{\text{larutan}} \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,01 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH} \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

### C.6 Larutan HCl

Larutan HCl 0,1 M dibuat dari larutan HCl 37% (berat jenis: 1,19 g/mL; berat molekul: 36,5 g/mol) dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi HCl 37\%} &= \frac{1000 \times 1,19 \times 37\%}{36,5 \text{ g/mol}} \\ &= 12,06 \text{ M} \end{aligned}$$

Dilakukan pengenceran untuk mendapatkan HCl 0,1 M dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,83 \text{ ml}$$

### C.7 Larutan CaCl<sub>2</sub> 0,15 M

Larutan CaCl<sub>2</sub> 0,15 M dibuat dalam 100 mL dengan cara:

$$\text{Mol CaCl}_2 = [\text{CaCl}_2] \times V \text{ CaCl}_2$$

$$= 0,15 \text{ M} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,015 \text{ mol}$$

$$\text{Massa CaCl}_2 = \text{mol} \times \text{Mr CaCl}_2$$

$$= 0,015 \text{ mol} \times 111 \text{ gram/mol}$$

$$= 1,665 \text{ gram}$$

## Lampiran D. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Violet*

### Lampiran D.1 Absorbansi *Remazol Brilliant Violet*

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
530	0,124
535	0,129
540	0,135
545	0,143
550	0,149
555	0,153
560	0,154
565	0,155
570	0,156
575	0,156
580	0,157
585	0,159
590	0,158
595	0,153
600	0,144

## Lampiran E. Data Pengukuran Proses Biosorpsi *Remazol Brilliant Violet* Menggunakan *Trichoderma viride* yang Diamobilisasi dengan Ca-Alginat

### E.1 Perhitungan Persen Adsorpsi Waktu Kontak

$$\% \text{ A menit ke } 10 (1) = \frac{34,81 \text{ ppm} - 32,6 \text{ ppm}}{34,81 \text{ ppm}} \times 100\% = 6,34\%$$

$$\% \text{ A menit ke 10 (2)} = \frac{32,21 \text{ ppm} - 30,39 \text{ ppm}}{32,21 \text{ ppm}} \times 100\% = 5,65\%$$

$$\% \text{ A menit ke 10 (3)} = \frac{37,01 \text{ ppm} - 34,94 \text{ ppm}}{37,01 \text{ ppm}} \times 100\% = 5,61\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 10} = \frac{6,34\% + 5,65\% + 5,61\%}{3} = 5,87\%$$

$$\% \text{ A menit ke 20 (1)} = \frac{38,31 \text{ ppm} - 35,45 \text{ ppm}}{38,31 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,46\%$$

$$\% \text{ A menit ke 20 (2)} = \frac{38,18 \text{ ppm} - 35,58 \text{ ppm}}{38,18 \text{ ppm}} \times 100\% = 6,80\%$$

$$\% \text{ A menit ke 20 (3)} = \frac{37,41 \text{ ppm} - 34,29 \text{ ppm}}{37,41 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,69\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 20} = \frac{7,46\% + 6,80\% + 7,69\%}{3} = 7,32\%$$

$$\% \text{ A menit ke 30 (1)} = \frac{38,83 \text{ ppm} - 35,58 \text{ ppm}}{38,83 \text{ ppm}} \times 100\% = 8,36\%$$

$$\% \text{ A menit ke 30 (2)} = \frac{38,70 \text{ ppm} - 35,84 \text{ ppm}}{38,70 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,38\%$$

$$\% \text{ A menit ke 30 (3)} = \frac{38,96 \text{ ppm} - 36,10 \text{ ppm}}{38,96 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,33\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 30} = \frac{8,36\% + 7,38\% + 7,33\%}{3} = 7,69\%$$

$$\% \text{ A menit ke 50 (1)} = \frac{35,58 \text{ ppm} - 32,86 \text{ ppm}}{35,58 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,66\%$$

$$\% \text{ A menit ke 50 (2)} = \frac{36,62 \text{ ppm} - 33,25 \text{ ppm}}{36,62 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,22\%$$

$$\% \text{ A menit ke 50 (3)} = \frac{36,23 \text{ ppm} - 33,25 \text{ ppm}}{36,23 \text{ ppm}} \times 100\% = 8,24\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 50} = \frac{7,66\% + 9,22\% + 8,24\%}{3} = 8,38\%$$

$$\% \text{ A menit ke 60 (1)} = \frac{38,96 \text{ ppm} - 35,45 \text{ ppm}}{38,96 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,00\%$$

$$\% \text{ A menit ke 60 (2)} = \frac{38,96 \text{ ppm} - 35,19 \text{ ppm}}{38,96 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,67\%$$

$$\% \text{ A menit ke 60 (3)} = \frac{39,48 \text{ ppm} - 35,71 \text{ ppm}}{39,48 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,54\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 60} = \frac{9,00\% + 9,67\% + 9,54\%}{3} = 9,40\%$$

$$\% \text{ A menit ke 70 (1)} = \frac{38,57 \text{ ppm} - 34,55 \text{ ppm}}{38,57 \text{ ppm}} \times 100\% = 10,44\%$$

$$\% \text{ A menit ke 70 (2)} = \frac{38,96 \text{ ppm} - 35,45 \text{ ppm}}{38,96 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,00\%$$

$$\% \text{ A menit ke 70 (3)} = \frac{38,96 \text{ ppm} - 34,81 \text{ ppm}}{38,96 \text{ ppm}} \times 100\% = 10,67\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 70} = \frac{10,44\% + 9,00\% + 10,67\%}{3} = 10,03\%$$

$$\% \text{ A menit ke 90 (1)} = \frac{41,17 \text{ ppm} - 37,01 \text{ ppm}}{41,17 \text{ ppm}} \times 100\% = 10,09\%$$

$$\% \text{ A menit ke 90 (2)} = \frac{37,79 \text{ ppm} - 34,03 \text{ ppm}}{37,79 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,97\%$$

$$\% \text{ A menit ke 90 (3)} = \frac{38,70 \text{ ppm} - 34,29 \text{ ppm}}{38,70 \text{ ppm}} \times 100\% = 11,41\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi menit ke 90} = \frac{10,09\% + 9,97\% + 11,41\%}{3} = 10,49\%$$

**Tabel E.1** Pengukuran Waktu Kontak Optimum dari Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet*

Waktu Kontak	A <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	A <sub>e</sub>	C <sub>e</sub>	% Adsorpsi	Rata-rata % adsorpsi
Menit ke 10 (1)	0,268	34,81	0,251	32,60	6,34%	5,87%
Menit ke 10 (2)	0,248	32,21	0,234	30,39	5,65%	
Menit ke 10 (3)	0,285	37,01	0,269	34,94	5,61%	

Menit ke 20 (1)	0,295	38,31	0,273	35,45	7,46%	7,32%
Menit ke 20 (2)	0,294	38,18	0,274	35,58	6,80%	
Menit ke 20 (3)	0,286	37,14	0,264	34,29	7,69%	
Menit ke 30 (1)	0,299	38,83	0,274	35,58	8,36%	7,69%
Menit ke 30 (2)	0,298	38,70	0,276	35,84	7,38%	
Menit ke 30 (3)	0,3	38,96	0,278	36,10	7,33%	
Menit ke 50 (1)	0,274	35,58	0,253	32,86	7,66%	8,38%
Menit ke 50 (2)	0,282	36,62	0,256	33,25	9,22%	
Menit ke 50 (3)	0,279	36,23	0,256	33,25	8,24%	
Menit ke 60 (1)	0,3	38,96	0,273	35,45	9,00%	9,40%
Menit ke 60 (2)	0,3	38,96	0,271	35,19	9,67%	
Menit ke 60 (3)	0,304	39,48	0,275	35,71	9,54%	



Menit ke 70 (1)	0,297	38,57	0,266	34,55	10,44%	10,03%
Menit ke 70 (2)	0,3	38,96	0,273	35,45	9,00%	
Menit ke 70 (3)	0,3	38,96	0,268	34,81	10,67%	
Menit ke 90 (1)	0,317	41,17	0,285	37,01	10,09%	10,49%
Menit ke 90 (2)	0,291	37,79	0,262	34,03	9,97%	
Menit ke 90 (3)	0,298	38,70	0,264	34,29	11,41%	

## E.2 Perhitungan Persen Adsorpsi pH Larutan

$$\% A \text{ pH } 4 (1) = \frac{39,09 \text{ ppm} - 37,40 \text{ ppm}}{39,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 4,32\%$$

$$\% A \text{ pH } 4 (2) = \frac{39,35 \text{ ppm} - 37,79 \text{ ppm}}{39,35 \text{ ppm}} \times 100\% = 3,96\%$$

$$\% A \text{ pH } 4 (3) = \frac{39,35 \text{ ppm} - 37,53 \text{ ppm}}{39,35 \text{ ppm}} \times 100\% = 5\%$$

$$\text{Rata-rata } \% \text{ adsorpsi pH } 4 = \frac{4,32\% + 3,96\% + 5\%}{3} = 4,30\%$$

$$\% A \text{ pH } 5 (1) = \frac{45,32 \text{ ppm} - 43,38 \text{ ppm}}{45,32 \text{ ppm}} \times 100\% = 4,30\%$$

$$\% A \text{ pH } 5 (2) = \frac{45,19 \text{ ppm} - 43,38 \text{ ppm}}{45,19 \text{ ppm}} \times 100\% = 4,02\%$$

$$\% A \text{ pH } 5 (3) = \frac{45,97 \text{ ppm} - 44,16 \text{ ppm}}{45,97 \text{ ppm}} \times 100\% = 3,95\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi pH 5} = \frac{4,30\% + 4,02\% + 3,95\%}{3} = 4,09\%$$

$$\% \text{ A pH 6 (1)} = \frac{46,10 \text{ ppm} - 44,42 \text{ ppm}}{46,10 \text{ ppm}} \times 100\% = 3,66\%$$

$$\% \text{ A pH 6 (2)} = \frac{39,87 \text{ ppm} - 37,92 \text{ ppm}}{39,87 \text{ ppm}} \times 100\% = 4,89\%$$

$$\% \text{ A pH 6 (3)} = \frac{39,87 \text{ ppm} - 38,57 \text{ ppm}}{39,87 \text{ ppm}} \times 100\% = 3,26\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi pH 6} = \frac{3,66\% + 4,89\% + 3,26\%}{3} = 3,94\%$$

$$\% \text{ A pH 7 (1)} = \frac{40,91 \text{ ppm} - 39,48 \text{ ppm}}{40,91 \text{ ppm}} \times 100\% = 3,49\%$$

$$\% \text{ A pH 7 (2)} = \frac{41,04 \text{ ppm} - 39,87 \text{ ppm}}{41,04 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,85\%$$

$$\% \text{ A pH 7 (3)} = \frac{40,91 \text{ ppm} - 40,00 \text{ ppm}}{40,91 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,22\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi pH 7} = \frac{3,49\% + 2,85\% + 2,22\%}{3} = 2,85\%$$

$$\% \text{ A pH 8 (1)} = \frac{40,52 \text{ ppm} - 39,61 \text{ ppm}}{40,52 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,24\%$$

$$\% \text{ A pH 8 (2)} = \frac{41,04 \text{ ppm} - 40,39 \text{ ppm}}{41,04 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,58\%$$

$$\% \text{ A pH 8 (3)} = \frac{41,43 \text{ ppm} - 40,78 \text{ ppm}}{41,43 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,57\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi pH 8} = \frac{2,24\% + 1,58\% + 1,57\%}{3} = 1,80\%$$

$$\% \text{ A pH 9 (1)} = \frac{41,04 \text{ ppm} - 40,91 \text{ ppm}}{41,04 \text{ ppm}} \times 100\% = 0,32\%$$

$$\% \text{ A pH 9 (2)} = \frac{40,52 \text{ ppm} - 40,39 \text{ ppm}}{40,52 \text{ ppm}} \times 100\% = 0,32\%$$

$$\% \text{ A pH 9 (3)} = \frac{40,91 \text{ ppm} - 40,78 \text{ ppm}}{40,91 \text{ ppm}} \times 100\% = 0,32\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi pH 9} = \frac{0,32\% + 0,32\% + 0,32\%}{3} = 0,32\%$$

**Tabel E.2** Pengukuran pH Optimum Larutan dari Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet*

pH	A <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	A <sub>e</sub>	C <sub>e</sub>	% Adsorpsi	Rata-rata % adsorpsi
pH 4 (1)	0,301	39,09	0,288	37,40	4,32%	4,30%
pH 4 (2)	0,303	39,35	0,291	37,79	3,96%	
pH 4 (3)	0,303	39,35	0,289	37,53	5%	
pH 5 (1)	0,349	45,32	0,334	43,38	4,30%	4,09%
pH 5 (2)	0,348	45,19	0,334	43,38	4,02%	
pH 5 (3)	0,354	45,97	0,340	44,16	3,95%	
pH 6 (1)	0,355	46,10	0,342	44,42	3,66%	3,94%
pH 6 (2)	0,307	39,87	0,292	37,92	4,89%	
pH 6 (3)	0,307	39,87	0,297	38,57	3,26%	
pH 7 (1)	0,315	40,91	0,304	39,48	3,49%	2,85%
pH 7 (2)	0,316	41,04	0,307	39,87	2,85%	
pH 7 (3)	0,315	40,91	0,308	40,00	2,22%	
pH 8 (1)	0,312	40,52	0,305	39,61	2,24%	1,80%
pH 8 (2)	0,316	41,04	0,311	40,39	1,58%	
pH 8 (3)	0,319	41,43	0,314	40,78	1,57%	
pH 9 (1)	0,316	41,04	0,315	40,91	0,32%	

pH (2)	9	0,312	40,52	0,311	40,39	0,32%	0,32%
pH (3)	9	0,315	40,91	0,314	40,78	0,32%	

### E.3 Perhitungan Persen Adsorpsi Jumlah Adsorben

$$\% A \text{ 0,3 gram (1)} = \frac{39,09 \text{ ppm} - 38,44 \text{ ppm}}{39,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,66\%$$

$$\% A \text{ 0,3 gram (2)} = \frac{39,22 \text{ ppm} - 38,31 \text{ ppm}}{39,22 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,32\%$$

$$\% A \text{ 0,3 gram (3)} = \frac{39,35 \text{ ppm} - 38,83 \text{ ppm}}{39,35 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,32\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi 0,3 gram} = \frac{1,66\% + 2,32\% + 1,32\%}{3} = 1,77\%$$

$$\% A \text{ 0,4 gram (1)} = \frac{39,09 \text{ ppm} - 38,70 \text{ ppm}}{39,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 1\%$$

$$\% A \text{ 0,4 gram (2)} = \frac{40,13 \text{ ppm} - 39,48 \text{ ppm}}{40,13 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,62\%$$

$$\% A \text{ 0,4 gram (3)} = \frac{39,61 \text{ ppm} - 38,70 \text{ ppm}}{39,61 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,30\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi 0,4 gram} = \frac{1\% + 1,62\% + 2,30\%}{3} = 1,64\%$$

$$\% A \text{ 0,6 gram (1)} = \frac{40,13 \text{ ppm} - 39,35 \text{ ppm}}{40,13 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,94\%$$

$$\% A \text{ 0,6 gram (2)} = \frac{40,52 \text{ ppm} - 39,74 \text{ ppm}}{40,52 \text{ ppm}} \times 100\% = 1,92\%$$

$$\% A \text{ 0,6 gram (3)} = \frac{39,74 \text{ ppm} - 38,57 \text{ ppm}}{39,74 \text{ ppm}} \times 100\% = 2,94\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi 0,6 gram} = \frac{1,94\% + 1,92\% + 2,94\%}{3} = 2,27\%$$

$$\% A \text{ 0,8 gram (1)} = \frac{40,52 \text{ ppm} - 38,31 \text{ ppm}}{40,52 \text{ ppm}} \times 100\% = 5,45\%$$

$$\% A \text{ 0,8 gram (2)} = \frac{40 \text{ ppm} - 37,79 \text{ ppm}}{40 \text{ ppm}} \times 100\% = 5,52\%$$

$$\% A \text{ 0,8 gram (3)} = \frac{39,74 \text{ ppm} - 37,4 \text{ ppm}}{39,74 \text{ ppm}} \times 100\% = 5,88\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi 0,8 gram} = \frac{5,45\% + 5,52\% + 5,88\%}{3} = 5,62\%$$

$$\% A \text{ 1 gram (1)} = \frac{40,78 \text{ ppm} - 36,75 \text{ ppm}}{40,78 \text{ ppm}} \times 100\% = 9,87\%$$

$$\% A \text{ 1 gram (2)} = \frac{40,39 \text{ ppm} - 37,27 \text{ ppm}}{40,39 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,72\%$$

$$\% A \text{ 1 gram (3)} = \frac{40,39 \text{ ppm} - 36,88 \text{ ppm}}{40,39 \text{ ppm}} \times 100\% = 8,68\%$$

$$\text{Rata-rata \% adsorpsi 1 gram} = \frac{9,87\% + 7,72\% + 8,68\%}{3} = 8,76\%$$

**Tabel E.3** Pengukuran Jumlah Adsorben Optimum dari Biosorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Violet*

Jumlah Adsorben (gram)	A <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	A <sub>e</sub>	C <sub>e</sub>	% Adsorpsi	Rata-rata % adsorpsi
0,3 gram (1)	0,301	39,09	0,296	38,44	1,66%	1,77%
0,3 gram (2)	0,302	39,22	0,295	38,31	2,32%	
0,3 gram (3)	0,303	39,35	0,299	38,83	1,32%	
0,4 gram (1)	0,301	39,09	0,298	38,70	1%	1,64%
0,4 gram (2)	0,309	40,13	0,304	39,48	1,62%	
0,4 gram (3)	0,305	39,61	0,298	38,70	2,3%	
0,6 gram (1)	0,309	40,13	0,303	39,35	1,94%	2,27%
0,6 gram (2)	0,312	40,52	0,306	39,74	1,92%	
0,6 gram (3)	0,306	39,74	0,297	38,57	2,94%	

0,8 gram (1)	0,312	40,52	0,294	38,31	5,45%	5,62%
0,8 gram (2)	0,308	40,00	0,291	37,79	5,52%	
0,8 gram (3)	0,306	39,74	0,288	37,40	5,88%	
1 gram (1)	0,314	40,78	0,283	36,75	9,87%	8,76%
1 gram (2)	0,311	40,39	0,287	37,27	7,72%	
1 gram (3)	0,311	40,39	0,284	36,88	8,68%	

**Lampiran F. Uji Statistika**

**Tabel F.1 Tabel ANOVA Variasi Waktu Kontak**

<i>Sumber Keragaman</i>	<i>Jumlah Kuadrat</i>	<i>Derajat Bebas</i>	<i>Kuadrat Tengah</i>	<i>F hitung</i>	<i>F tabel 5%</i>	<i>F tabel 1%</i>
Perlakuan	48,38816	6	8,064694	19,30166	2,847726	4,45582
Galat	5,849533	14	0,417824			
Total	54,2377	20				

**Tabel F.2 Uji BNT Variasi Waktu Kontak**

**Tabel F.2.1 Perhitungan BNT**

<b>RUMUS</b>		
MS e =		0,417824
t alfa, df e =	2,144787	2,976843
t alfa =	0,05	0,01
df e =	14	14
n	3	3
nilai BNT =	1,13197	1,571111
	Tabel 5%	Tabel 1%

## F.2.2 Penentuan Notasi BNT

### F.2.2.1 Tabel 5%

Waktu kontak (menit)	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
10	5,87	7,00	a
20	7,32	8,45	b
30	7,69	8,82	b
50	8,37	9,51	c
60	9,40	10,54	c
70	10,04	11,17	c
90	10,49	11,62	d

### F.2.2.2 Tabel 1%

Waktu kontak (menit)	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
10	5,87	7,44	a
20	7,32	8,89	a
30	7,69	9,26	b
50	8,37	9,94	b
60	9,40	10,97	c
70	10,04	11,61	c
90	10,49	12,06	c

### Tabel F.3 Tabel ANOVA Variasi pH

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	38,09196	5	7,618392	28,82964	3,105875	5,064343
Galat	3,171067	12	0,264256			
Total	41,26303	17				

### Tabel F.4 Uji BNT Variasi pH

#### Tabel F.4.1 Perhitungan BNT

RUMUS		
MS e =	0,264256	
t alfa, df e =	2,178813	3,05454
t alfa =	0,05	0,01

df e =	12	12
r	3	3
nilai BNT =	0,914506	1,282071
	Tabel 5%	Tabel 1%

### Tabel F.4.2 Penentuan Notasi BNT

#### Tabel F.4.2.1 Tabel 5%

pH	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
9	0,32	1,23	A
8	1,80	2,71	B
7	2,85	3,77	B
6	3,94	4,85	C
5	4,09	5,00	d
4	4,43	5,34	d

#### Tabel F.4.2.2 Tabel 1%

pH	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
9	0,32	1,60	a
8	1,80	3,08	b
7	2,85	4,14	b
6	3,94	5,22	c
5	4,09	5,37	c
4	4,43	5,71	c

### Tabel F.5 Tabel ANOVA Variasi Jumlah Adsorben

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	116,4026	4	29,10066	65,10991	3,47805	5,994339
Galat	4,469467	10	0,446947			
Total	120,8721	14				



## Tabel F.6 Uji BNT Variasi Jumlah Adsorben

### Tabel F.6.1 Perhitungan BNT

RUMUS		
MS e =	0,446947	
t alfa, df e =	2,228139	3,169283
t alfa =	0,05	0,01
df e =	10	10
r =	3	3
nilai BNT =	1,216255	1,729983
	Tabel 5%	Tabel 1%

### Tabel F.6.2 Penentuan Notasi BNT

#### Tabel F.6.2.1 Tabel 5%

Jumlah adsorben (gram)	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
0,4	1,64	2,86	a
0,3	1,77	2,98	a
0,6	2,27	3,48	a
0,8	5,62	6,83	b
1	8,76	9,97	c

#### Tabel F.6.2.2 Tabel 1%

Adsorben (gram)	Rata-rata	Penjumlahan BNT	Notasi
0,4	1,64	3,37	a
0,3	1,77	3,50	a
0,6	2,27	4,00	a
0,8	5,62	7,35	b
1	8,76	10,49	c

## Lampiran G. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$qt = \frac{(Co - Ce) \times V}{\text{massa adsorben}}$$

$$qt (1) = \frac{\left(40,78 \frac{mg}{L} - 36,75 \frac{mg}{L}\right) \times 0,025 L}{1 gram} = 0,101 mg/g$$

$$qt (2) = \frac{\left(40,39 \frac{mg}{L} - 37,27 \frac{mg}{L}\right) \times 0,025 L}{1 gram} = 0,078 mg/g$$

$$qt (3) = \frac{\left(40,39 \frac{mg}{L} - 36,88 \frac{mg}{L}\right) \times 0,025 L}{1 gram} = 0,088 mg/g$$

$$\text{Rata-rata kapasitas adsorpsi} = \frac{0,101 \frac{mg}{g} + 0,078 \frac{mg}{g} + 0,088 \frac{mg}{g}}{3} = 0,089 mg/g$$

