

**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOOROHIDRIN PADA BUTIRAN  
KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT VIOLET*  
5R**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**IBNU ABDILLAH HIDAYAT**  
NIM. 19630091



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**



**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOOROHIDRIN PADA BUTIRAN  
KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT VIOLET*  
5R**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**IBNU ABDILLAH HIDAYAT**  
NIM. 19630091

Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**



PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOOROHIDRIN PADA BUTIRAN  
KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI REMAZOL BRILLIANT VIOLET  
5R

SKRIPSI

Oleh:  
IBNU ABDILLAH HIDAYAT  
NIM. 19630091


Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 27 Juni 2024

Pembimbing I



Rachmawati Ningsih, M.Si  
NIP. 198111419200801 2 010

Pembimbing II



Rifatul Mahmudah, M.Si  
NIP. 19830125 202321 2 020

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si  
NIP. 198111419200801 2 010



PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOROHIDRIN PADA BUTIRAN  
KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI REMAZOL BRILLIANT VIOLET  
5R

SKRIPSI

Oleh:  
IBNU ABDILLAH HIDAYAT  
NIM. 19630091

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 27 Juni 2024

Ketua Penguji : Dr. Suci Amalia, M.Si.  
NIP. 19821104 200901 2 007

(.....)

Anggota Penguji I : Siska Ela Kartika, M.Si  
NIP. 19871014 202012 2 001

(.....)

Anggota Penguji II : Rachmawati Ningsih, M.Si  
NIP. 19810811 200801 2 010

(.....)

Anggota Penguji III : Rif'atul Mahmudah, M.Si  
NIP. 19830125 202321 2 020

(.....)

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi

  
Rachmawati Ningsih, M.Si  
NIP. 19810811 200801 2 010





## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Abdillah Hidayat

NIM : 19630091

Program Studi: Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOOROHIDRIN  
PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI  
*REMAZOL BRILLIANT VIOLET 5R*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi dari perbuatan tersebut.

Yang membuat pernyataan

Malang, 24 Juni 2024



Ibnu Abdillah Hidayat  
NIM. 19630091



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kupersembahkan kepada-Mu Ya Allah atas segala nikmat dan ilmu yang telah Engkau berikan. Shalawat dan salam selalu penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW. Sehingga saya, Ibnu Abdillah Hidayat akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan ini penulis persembahkan Skripsi ini untuk:

Kedua orang tua penulis, Bapak Endro Suryanto dan Siti Mariyam, terima kasih telah memberikan dukungan dan semangat yang tidak ada hentinya kepada saya, baik dukungan moral maupun materil. Terima kasih telah mendoakan, memberi semangat, dan segala nasehat sehingga penulis selalu memperoleh kemudahan dalam segala hal. Terima kasih yang penulis ucapkan untuk adik Choirunnisa' Al-Hidayah yang telah memberikan motivasi supaya menjadi seorang kakak yang bisa menjadi panutan oleh seorang adik. Bahkan ribuan terima kasih dari penulis masih kurang atas apa yang kalian berikan. Terima kasih untuk semuanya, penulis sayang kepada keluarga.

Bapak dan Ibu dosen kimia dan seluruh jajaran yang telah membimbing penulis selama Menyusun naskah skripsi ini, khususnya Ibu Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si., Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si., Ibu Dr. Suci Amalia, M.Si., Ibu Siska Ela Kartika, M.Si., dan Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si. yang telah memberikan bimbingan, dan motivasi selama ini. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu semua mendapat balasan yang baik dari Allah SWT.

Kepada *best partner*, Nila adelia yang telah memberikan segala dukungan, waktu dan segala kebaikan kepada penulis pada masa perkuliahan hingga selesai mengerjakan skripsi ini. Semua teman-teman dari Angkatan 2019 "Uranium", grup penelitian "Kitosan" Geofany, Sulfani, dan Elvionita, sahabat penulis Bima, Nadhif, Arya, Farhan, Rizal yang telah mendukung, membimbing, memberikan motivasi, kepada penulis.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah proposal ini. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah mengembangkan ajaran Islam di muka bumi demi keselamatan umat manusia. Penyusunan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI REMAZOL BRILLIANT VIOLET 5R”** dengan baik dapat berjalan baik dan lancar juga berkat dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat taufiq serta hidayah-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Orang tua penyusun yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan, serta keluarga besar penyusun.
3. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Ibu Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M,Si selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi.
7. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si selaku pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi.
8. Ibu Dr. Suci Amalia, M.Si selaku penguji utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi.
9. Ibu Siska Ela Kartika, M.Si selaku ketua penguji yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi.
10. Seluruh dosen Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana, dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun guna menyelesaikan proposal.
11. Seluruh pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung yang telah memberikan kontribusi dalam menyelesaikan proposal ini.

Tentu jauh dari kesempurnaan, untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari segala

kekurangan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Malang, 7 Mei 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR PERSAMAAN .....	xxi
ABSTRAK.....	xxiii
ABSTRACT .....	xxv
مستخلص البحث .....	xxvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Remazol Brilliant Violet 5R .....	5
2.2 Modifikasi Kitosan dan Adsorpsi.....	6
2.3 Pengukuran Kapasitas Adsorpsi menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis .....	9
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.2.1 Alat .....	11
3.2.2 Bahan.....	11
3.3 Tahapan Penelitian .....	11
3.4 Prosedur Kerja .....	11
3.4.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikatsilang TPP 1% .....	11
3.4.2 Modifikasi Butiran Kitosan dengan Agen Pengikatsilang Epiklorohidrin.....	12
3.4.3 Adsorpsi Menggunakan Zat Warna <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	12
3.4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	12
3.4.3.2 Pembuatan Kurva Standar <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	12
3.4.3.3 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>15</b>
4.1 Pembuatan Adsorben Kitosan-TPP-ECH .....	15
4.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Pembuatan Kurva Standar <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	16
4.3 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	18
4.4 Pengaruh Konsentrasi ECH Terhadap Adsorpsi <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	19
4.5 Hasil Penelitian Berdasarkan Perspektif Islam .....	20
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>23</b>
5.1 Kesimpulan .....	23
5.2 Saran .....	23
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>25</b>

**LAMPIRAN..... 29**



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Penelitian .....	29
Lampiran 2. Diagram Alir .....	30
Lampiran 3. Perhitungan.....	32
Lampiran 4. Data Analisis .....	36



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	5
Gambar 2.2	Struktur kitin menjadi kitosan .....	6
Gambar 2.3	Struktur modifikasi Kitosan-TPP .....	7
Gambar 2.4	Struktur modifikasi Kitosan-TPP-ECH.....	8
Gambar 4.1	Proses protonasi kitosan.....	13
Gambar 4.2	Butiran Kitosan-TPP-ECH (a) basah (b) kering.....	14
Gambar 4.3	Reaksi pemutusan cincin ECH.....	14
Gambar 4.4	Struktur <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	15
Gambar 4.5	Spektrum panjang gelombang <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	15
Gambar 4.6	Kurva Standar <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> .....	15
Gambar 4.7	Pengaruh pH terhadap adsorpsi <i>Remazol Brilliant Violet 5R</i> menggunakan Kitosan-TPP-ECH 5%.....	16



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kapasitas adsorpsi RBV5R berdasarkan variasi konsentrasi ECH pada pH 5..... 20



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Persamaan Kemampuan Adsorpsi.....	10
---	----





## ABSTRAK

Hidayat, Ibnu A. 2023. **PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN EPIKLOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN TERHADAP ADSORPSI REMAZOL BRILLIANT VIOLET 5R**. Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si., Rif'atul Mahmudah, M.Si.

---

**Kata kunci:** Adsorpsi, Kitosan, *Remazol Brilliant Violet 5R*, Kitosan-TPP-ECH.

*Remazol Brilliant Violet 5R* adalah salah satu zat warna tekstil yang digunakan dan limbah yang dihasilkan tahan terhadap suhu, pH yang menyebabkan menjadi berbahaya. Salah satu cara untuk mengurangi hal tersebut dilakukan adsorpsi dan salah satu material alami yang dapat digunakan yaitu kitosan. Kemampuan adsorpsi kitosan dapat ditingkatkan dengan ikat-silang tripolifosfat dan epiklorohidrin. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi agen pengikat silang epiklorohidrin 1%, 2,5% dan 5% (v/v) dan dilakukan optimasi pH pada adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Tripolifosfat dan Epiklorohidrin pada butiran kitosan terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* dan mengetahui pengaruh pH terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapatkan hasil kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) tertinggi pada variasi pH yaitu pH 5 sebesar 33,548 mg/g. Kemudian pada variasi konsentrasi terikatsilang ECH hasil kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) tertinggi pada pH 5 didapatkan pada konsentrasi ECH 1 % sebesar 38,722 mg/g.



## ABSTRACT

Hidayat, Ibnu Abdillah. 2023. **EFFECT OF THE ADDITION OF TRIPOLYPHOSPHATE AND EPICHLOROHYDRIN IN CHITOSAN AND SOLUTION pH ON THE ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT VIOLET 5R**. Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si., Rif'atul Mahmudah M.Si.

---

**Keywords:** Adsorption, Chitosan, Remazol Brilliant Violet 5R, Chitosan-TPP-ECH.

Remazol Brilliant Violet 5R is one of the textile dyes used and the waste produced is resistant to temperature, pH which causes it to be dangerous. One way to reduce this is adsorption and one of the natural materials that can be used is chitosan. The adsorption ability of chitosan can be enhanced by crosslinking tripolyphosphate and epichlorohydrin. In this study, variations in the concentration of epichlorohydrin crosslinking agents of 1%, 2.5% and 5% (v/v) and pH optimization were carried out on the adsorption of Remazol Brilliant Violet 5R. The purpose of this study was to determine the effect of the addition of Tripolyphosphate and Epichlorohydrin to chitosan granules on the adsorption of Remazol Brilliant Violet 5R and to determine the effect of pH on the adsorption of Remazol Brilliant Violet 5R using TPP and ECH crosslinked chitosan granules. Based on the research that has been done, the highest adsorption capacity ( $Q_e$ ) results were obtained at pH variations, namely pH 5 of 33.548 mg/g. Then at the variation of ECH crosslinked concentration, the highest adsorption capacity ( $Q_e$ ) at pH 5 was obtained at 1% ECH concentration of 38.722 mg/g.



## مستخلص البحث

هدايات، ابن أ. 2023. تأثير إضافة تريبوليفوسفيت و إبيكلوروهيدرين إلى حبيبات الشيتوزان ومحلل PH على امتزاز ريمazol البنفسجي اللامع R 5. بحث جامعي، قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة: أرميدا ديوي رضواقي مجيد، الماجستير. رفعة المحمودة، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: الامتزاز، الشيتوزان، ريمazol بريليانث فيوليت R5، كيتوزان-ECH-TPP

ريمazol بريليانث فيوليت R5 هي واحدة من أصباغ النسيج المستخدمة والنفايات الناتجة مقاومة لدرجة الحرارة ودرجة الحموضة مما يجعلها ضارة. طريقة واحدة للحد من ذلك هي عن طريق الامتزاز وواحدة من المواد الطبيعية التي يمكن استخدامها هي الشيتوزان. يمكن تحسين قدرة امتصاص الشيتوزان عن طريق الربط المتقاطع ثلاثي البوليفوسفيت والإبيكلوروهيدرين. في هذه الدراسة، تم إجراء اختلافات في تركيز عامل الربط المتقاطع إبيكلوروهيدرين 1% و 2.5% و 5% (v / v) وتم إجراء تحسين الأس الهيدروجيني في امتزاز ريمazol بريليانث فيوليت R5. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير إضافة تريبوليفوسفيت والإبيكلوروهيدرين في حبيبات الشيتوزان على امتزاز ريمazol بريليانث فيوليت R 5 وتحديد تأثير الرقم الهيدروجيني على امتزاز ريمazol بريليانث فيوليت R 5 باستخدام حبيبات الشيتوزان المتشابهة من TPP و ECH. بناء على البحث الذي تم إجراؤه، فإن أعلى قدرة امتصاص (Qe) تنتج عند اختلاف الأس الهيدروجيني، أي الرقم الهيدروجيني 5 البالغ 33.548 مجم/جم. ثم في تباين تركيز ECH المتقاطع، تم الحصول على أعلى قدرة امتصاص (Qe) عند الرقم الهيدروجيني 5 عند تركيز 1ECH% من 38.722 مجم/جم.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman berbanding lurus dengan perkembangan industri tekstil yang ada di Indonesia. Perkembangan industri tekstil tidak luput dari peningkatan penggunaan zat warna sintesis yang dihasilkan menjadi limbah cair. Limbah cair tersebut menjadikan faktor utama dalam pencemaran air jika tidak adanya pengelolaan limbah yang memadai. Limbah yang dihasilkan mencapai 833 ton per hari yang dimana 29% merupakan dari limbah dari industri tekstil. Angka tersebut menjadi dampak buruk yang telah terjadi di Banaran, Sukoharjo, Jawa tengah bahwa tanah mempunyai laju infiltrasi yang lambat atau tanah tersebut sudah tercemar dan menghasilkan air yang berasal dari tanah tersebut bisa bersifat beracun. Semestinya laju infiltrasi tersebut bisa cepat dan bisa menghadang pencemar untuk masuk ke dalam tanah (Fadliah, *et al.*, 2017).

Pada ajaran agama Islam sudah dijelaskan di Al-Qur'an bahwa Allah melarang umatnya untuk melakukan kerusakan pada bumi. Pada surah al-A'raf ayat 56 sudah dijelaskan yang berbunyi,

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَقَطْمًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *(Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik)*. Menurut tafsir Ibnu Katsir dijelaskan pada ayat ini bahwa kerusakan di muka bumi oleh manusia itu merupakan golongan yang melakukan perbuatan maksiat kepada Allah SWT.

Salah satu zat warna tekstil yang banyak digunakan yaitu zat warna remazol karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan tidak mudah terdegradasi dalam kondisi aerob (Pavlostathis, 2001). Terlebih lagi zat warna yang digunakan memang dirancang agar mempunyai ketahanan yang khusus terhadap pengaruh lingkungan seperti efek pH, suhu dan mikroba sehingga dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar tidak mencemarkan lingkungan sekitarnya (Qodri, 2011). Salah satu zat warna yang digunakan yaitu zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* yang merupakan salah satu zat warna bersifat reaktif dari golongan azo (Karmanto dan Riana, 2014). Zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* memiliki sifat beracun, karsinogenik dan mutagenik bagi makhluk hidup serta tahan terhadap perubahan suhu, pH dan mikroorganisme yang menyebabkan zat warna ini berbahaya dan harus dilakukan pengelolaan terlebih dahulu (Thitame dan Shukla, 2016). Cara pengelolaan limbah tekstil mempunyai beberapa cara seperti menggunakan koagulan, sedimentasi, adsorpsi dan lain-lain. Pada zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* salah satu teknik yang paling efektif yaitu menggunakan teknik adsorpsi (Zhou *et al.*, 2021). Hal tersebut bisa dikatakan efektif karena sifatnya yang ramah lingkungan, efisien harga dan bisa terurai secara hayati. (Amin, 2009)

Kitosan merupakan suatu senyawa turunan yang termasuk pada golongan polisakarida yang diperoleh dari deasetilasi kitin (Pratiwi, 2014). Kitosan merupakan limbah yang tersedia banyak dan mudah didapat serta bisa digunakan sebagai adsorben karena termasuk senyawa polimer kationik yang mengandung gugus amino dan hidroksil sehingga bisa untuk menyerap zat warna anionik dan kationik (Lazaridis *et al.*, 2007). Kitosan juga memiliki kelebihan yaitu sifatnya yang sangat selektifitas, memiliki biaya produksi yang rendah, dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi yang tinggi, dan tidak meninggalkan limbah turunan (Chen dan Huang, 2010). Kitosan juga memiliki kelemahan yaitu kelarutannya dari asam yang berakibat dapat mempengaruhi hasil dari kapasitas adsorpsinya dalam keadaan asam. Cara yang dapat dilakukan supaya dapat tahan di keadaan asam yaitu salah satunya dengan cara modifikasi ikat silang untuk memperkuat ketahanan dan stabilitasnya saat adsorpsi (Hastuti, 2009).

Cara meningkatkan hasil kitosan sebagai adsorben salah satunya dapat menggunakan metode modifikasi kitosan ikat silang. Modifikasi ikat silang kitosan dapat menggunakan agen pengikat silang seperti tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH) (Nurmasari *et al.*, 2018). Pemodelasian ikat silang kitosan yang dilakukan yaitu pertama secara fisik menggunakan TPP yang bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel sehingga luas permukaan yang dihasilkan semakin besar dan stabil (Madjid, *et al.*, 2016). Pemodelasian ikat silang kitosan yang kedua secara kimia menggunakan epiklorohidrin (ECH) yang bertujuan untuk meningkatkan sifat adsorpsi, kekuatan mekanik dan kestabilan kitosan dalam keadaan asam (Guibal, 2004).

Faktor yang dapat memengaruhi hasil dari kitosan sebagai adsorben salah satunya yaitu kondisi pH. Menurut Ariyani *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa pengaruh pH terhadap adsorpsi sangat besar, karena akan memengaruhi situs muatan aktif pada larutan yang menyebabkan hasil adsorpsi menjadi kurang sempurna. Pada kondisi asam gugus-gugus fungsional pada adsorben akan mudah terprotonasi, sedangkan pada kondisi basa akan membentuk senyawa oksida dari unsur pengotor lebih besar yang dapat menutup permukaan adsorben (Ariyani *et al.*, 2018., Widjajanti *et al.*, 2015). Nilai pH yang terlalu rendah ( $\text{pH larutan} < \text{pKa kitosan } 6,5$ ) akan meningkatkan perubahan gugus amina  $\text{R-NH}_2$  menjadi  $\text{R-NH}_3^+$ . Pada pH yang terlalu tinggi ( $\text{pH larutan} > \text{pKa kitosan } 6,5$ ) akan meningkatkan perubahan gugus amina  $\text{R-NH}_2$  menjadi  $\text{R-NH}_2\text{-OH}$  (Kurniasih *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian Chiou dan Li (2003) tentang adsorpsi zat warna *reactive red 189* pada beads kitosan-TPP-ECH menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum 1802-1840 mg/g pada kondisi pH optimum 3. Pada penelitian Nurmasari, *et al.*, (2018) tentang kapasitas adsorpsi zat warna safranin O pada sorben butiran kitosan-tripolifosfat adalah 32,25 mg/g dengan pH optimum yaitu 11. Kemudian penelitian yang dilakukan Nurhuda, Devi (2022) Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan dari zat warna *Remazol Violet 5R* menggunakan butiran kitosan saja sebesar 20,36 mg/g pada kondisi pH 3. Beberapa penelitian yang telah disebutkan sudah menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi kitosan dengan TPP-ECH yang diperoleh lebih besar dan tinggi dibandingkan dengan kitosan-



TPP maupun kitosan saja. Beberapa hasil penelitian yang telah disebutkan juga menunjukkan bahwa pH optimum yang dihasilkan juga berbeda-beda dan telah membuktikan bahwa kondisi pH dapat memengaruhi hasil adsorpsi.

Penelitian yang akan dilakukan yaitu memodifikasi kitosan menggunakan agen pengikat silang tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH) yang digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*. Proses adsorpsi yang dilakukan menggunakan variasi konsentrasi ECH yaitu 1%, 2,5 % dan 5% (v/v) hal itu dilakukan karena kelarutan yang dimiliki ECH yaitu rendah (6,6% pada suhu 20°C). Setelah termodifikasi dengan bervariasi konsentrasi selanjutnya akan dilakukan analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Penentuan kondisi optimum kitosan termodifikasi dilakukan dengan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh pH terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan butiran kitosan ikat silang TPP dan ECH?
- b. Bagaimana pengaruh konsentrasi ikatsilang Epiklorohidrin pada butiran kitosan terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui pengaruh pH terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan butiran kitosan ikat silang TPP dan ECH.
- b. Mengetahui pengaruh konsentrasi ikatsilang Epiklorohidrin pada butiran kitosan terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Pembuatan butiran kitosan menggunakan TPP 1% (b/v) dengan lama perendaman 3 jam.
- b. Analisis zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* dilakukan menggunakan metode UV-Vis.
- c. Optimasi pH dilakukan pada 3-9.
- d. Variasi konsentrasi ECH 1%, 2,5 % dan 5%.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini yaitu dapat memberikan edukasi terhadap modifikasi kitosan menggunakan ikat silang tripolifosfat dan epiklorohidrin sebagai adsorben zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*.

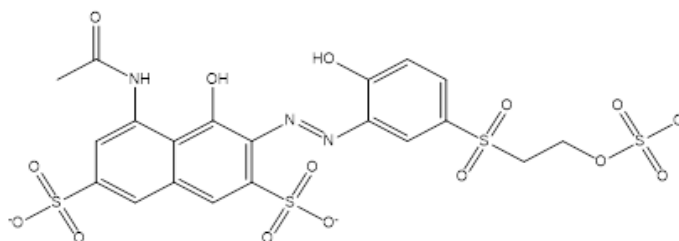


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Remazol Brilliant Violet 5R

*Remazol Brilliant Violet 5R* termasuk kedalam jenis zat perwarna jenis azo bersifat reaktif yang sering digunakan pada bidang industri tekstil (Karmanto dan Riana, 2014). Menurut Manurung, *et al.*, (2004) zat warna azo merupakan zat warna yang mempunyai lingkungan zat warna luas dan mempunyai sistem kromofor gugus azo (-N=N-) dengan berikatan pada gugus aromatik. Keberadaan zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* adalah keberadaan zat warna yang memiliki satu atau lebih gugus azo pada struktural dan merupakan zat warna yang digunakan sebanyak 60 % sekitar pengerjaan industri tekstil (Chen *et al.*, 2013). *Remazol Brilliant Violet 5R* mempunyai rumus struktur  $C_{20}H_{16}N_3O_{15}S_4$  dan massa molekul reaktif 735,58 g/mol (Jain *et al.*, 2012).



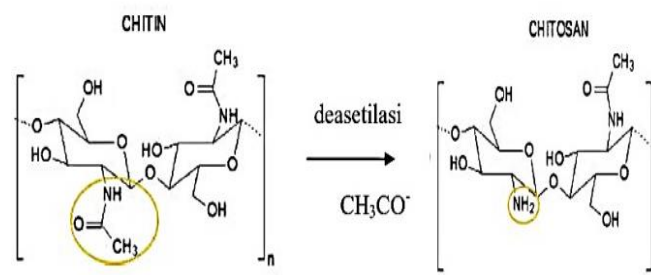
Gambar 2. 1 Struktur *Remazol Brilliant Violet 5R*

*Remazol Brilliant Violet 5R* memiliki peran yang besar sebagai inisiator dalam pembuatan zat warna polimer yang bersifat kontaminan organik dan beracun (Bello dan Ahmad, 2011). Diperkuat menurut Sugiharto (1987) mengemukakan bahwa *Remazol Brilliant Violet 5R* memiliki ketahanan yang cukup kuat terhadap perubahan suhu, pH dan mikroba yang menyebabkan zat warna ini menjadi zat warna sintesis berbahaya terhadap ekosistem lingkungan. Air limbah *Remazol Brilliant Violet 5R* ini ketika terkena kontak dengan makhluk hidup bisa menyebabkan gangguan kesehatan terutama pada kontak kulit yang hingga bisa menyebabkan ke jenjang kanker kulit (Sugiharto, 1987). Selain bersifat reaktif *Remazol Brilliant Violet 5R* juga mempunyai sifat beracun, mutagenik dan karsinogenik terhadap makhluk hidup yang terpapar (Thitame dan Shukla, 2016). Meskipun zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* berbahaya akan tetapi zat warna ini banyak digunakan karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan susah untuk didegradasi dalam keadaan *aerob* (Pavlostathis, 2001). Zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* memang sangat berbahaya maka dari itu diperlukan beberapa mekanisme pengelolaan yang sangat efisien dalam mengurangi ataupun menghilangkan zat warna ini ketika dari limbah industri tekstil ke pengelolaan air luar. Menurut Li (2017) *Remazol Brilliant Violet 5R* mempunyai struktur konjugat stabil yang menyebabkan sulit ketika dihilangkan melalui adsorpsi lumpur biodegradasi. Beberapa penelitian sudah dilakukan dalam menanggulangi hal ini bermula dari koagulasi kimia, biodegradabilitas, pertukaran anion dan lain-lain yang bersifat mahal

dan hanya memiliki efektifitas sekedar pada perwarna konsentrasi rendah serta efek samping yang berbahaya (Izwan *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bello dan Ahmad (2011) zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* mempunyai absorbansi pada panjang gelombang maksimum 577 nm.

## 2.2 Modifikasi Kitosan dan Adsorpsi

Kitosan adalah suatu senyawa turunan yang diperoleh dari deasetilasi kitin (Agustina, *et al.*, 2015). Kitin merupakan suatu polimer yang termasuk pada golongan polisakarida yang setelah dilakukan deasetilasi menjadi kitosan dengan struktur dari Poly N-acetyl-D-glucosamine menjadi Poly d-glucosamine (beta (1-4) 2-amino-2-deoxy-D-glucose) atau dengan rumus molekul  $C_6H_{11}NO_4$  (Pratiwi, 2014). Perbedaan yang terjadi pada senyawa kitin dan kitosan dapat dilihat pada adanya gugus asetil ( $-CH_3-CO$ ) dan pada kitosan terdapat gugus amina ( $-NH$ ) yang berada pada atom karbon kedua (Kusumawati, 2009).



Gambar 2. 2 Struktur Kitin menjadi Kitosan (Kusumawati, 2009)

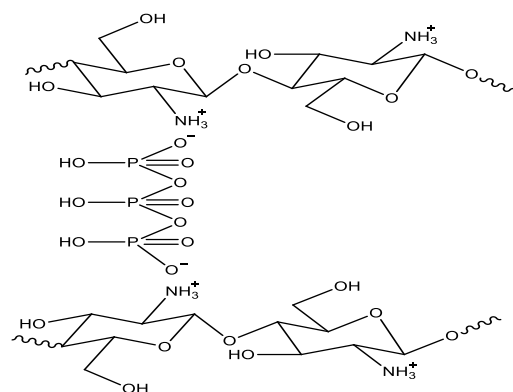
Adsorpsi merupakan suatu proses penggumpalan dari suatu substansi terlarut (soluble) pada dalam larutan yang menjadikan terjadinya suatu ikatan kimia fisika antara keduanya (Galuh, *et al.*, 2022). Sedangkan menurut Astuti (2018) adsorpsi dijelaskan yaitu suatu proses pemisahan yang berdasarkan adanya perbedaan afinitas atau difusivitas senyawa terhadap suatu padatan dan umumnya padatan tersebut berpori. Suatu padatan tersebut dapat terbentuk karena adanya suatu gaya tarik menarik dari komponen atom penyusunnya.

Adsorpsi dibedakan menjadi dua yaitu secara kimia (kemisorpsi) dan fisika (fisorpsi) dan keduanya biasanya dibedakan dari *reversibility* atau panas yang dihasilkan oleh adsorpsi. Adsorpsi fisika menghasilkan interaksi yang lebih lemah dan mengakibatkan zat yang diadsorpsi sangat mudah untuk dilepaskan kembali. Sedangkan pada adsorpsi kimia menghasilkan ikatan antara permukaan padatan dan molekul terikat sehingga panas yang dihasilkan akan tinggi Astuti (2018) Adsorben yaitu suatu material padat yang umumnya berpori dan digunakan untuk mengikat molekul adsorbat pada suatu proses adsorpsi. Sebagai adsorben ada tiga syarat yaitu mempunyai rongga, pori, dan situs aktif. Adsorpsi sangat banyak digunakan dalam menghilangkan zat warna yang berada pada limbah dikarenakan

metode ini sangat efektif untuk digunakan dengan kelebihan yang ramah lingkungan, murah, dan biodegradable (Amin, 2009).

Kitosan dapat diperoleh dengan beberapa bentuk morfologi yang biasanya bentuk tersebut tidak teratur seperti kristaline ataupun semi kristaline. Akan tetapi ada juga kitosan yang berbentuk sebuah padatan amorf berwarna putih yang mempunyai struktur kristal tetap dengan bentuk awal dari kitosan murni (Taufan dan Zulfahmi, 2010). Kitosan juga bisa berfungsi sebagai adsorben yang didapat setelah membentuk sebuah membran dan menjadikan kitosan ini lebih banyak manfaatnya daripada kitin (Agustina, *et al.*, 2015). Akan tetapi pemanfaatan kitosan sebagai adsorben masih sangat terbatas dikarenakan sifatnya yang sangat mudah larut dalam keadaan asam, luas permukaan yang masih rendah dan memiliki sifat mudah menggumpal, maka dari itu perlu pemodifikasian untuk meningkatkan kemampuannya sebagai adsorben (Dinira, 2022). Keunggulan kitosan sebagai adsorben yaitu mudah didapat, biaya produksi kecil, jumlah yang banyak dan ramah lingkungan (Lin, 2007).

Modifikasi kitosan bisa dilakukan secara fisika maupun kimia dengan tujuan untuk dapat memperkecil ukuran partikel sehingga luas permukaan yang dihasilkan akan semakin besar dan juga dapat menstabilkan dengan cara penambahan ikat silang (Madjid, *et al.*, 2016). Modifikasi secara fisika dapat dilakukan dengan cara mengkonversikan kitosan ke bentuk yang lebih teratur seperti bentuk bubuk, serpihan, dan gel (Miretzky dan Cirelli, 2009). Pemodifikasian secara fisika lebih baik mengkonversikan dalam bentuk butiran dikarenakan dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar dan dapat mempercepat kinetiknya dibanding bentuk serpihan (Madjid, 2015). Salah satu cara dalam pemodifikasian kitosan bisa dilakukan dengan menggunakan tripolifosfat (TPP) karena struktur yang dihasilkan akan lebih rigid, waktu yang digunakan efisien dan kestabilan yang dihasilkan akan lebih baik (Madjid, 2015).



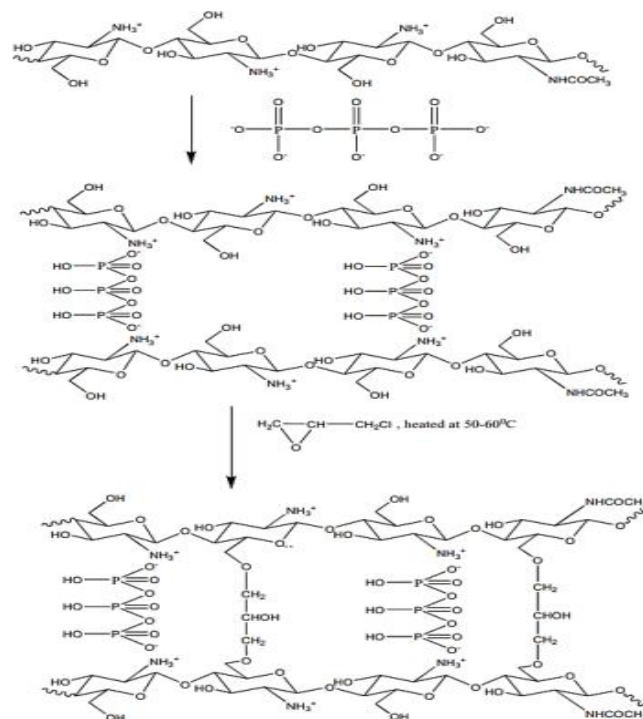
Gambar 2. 3 Struktur Modifikasi Kitosan-TPP (Lusiana dan Pranotoningtyas, 2018)

Tripolifosfat (TPP) merupakan polianion yang tidak beracun dengan berinteraksi dengan kitosan menggunakan gaya elektrostastik. Gugus amina yang terprotonasi akan berinteraksi dengan yang bermuatan negatif dari interaksi ionik dan menghasilkan ikat silang yang ionik juga (Ngah, *et al.*, 2010). Proses ikatsilang yang digunakan terjadi karena adanya transfer proton ( $H^+$ ) ke dalam molekul kitosan yang dapat mengubah gugus amina ( $R-NH_2$ )

menjadi ( $R-NH_3^+$ ) (Lusiana dan Pranotoningtyas, 2018). Reaksi yang dihasilkan antara pemodifikasian kitosan dengan tripolifosfat yaitu pada Gambar 2.3.

Kitosan yang dimodifikasikan secara kimia mempunyai tujuan yaitu dapat meningkatkan sifat adsorpsi, kekuatan mekanik dan stabilitas kitosan dalam media asam (Guibal, 2004). Pemodifikasian kitosan secara kimia bisa dilakukan dengan ikatsilang (*crosslinking*), pemaduan (*blending*) dan cangkok (*grafting*) Agen yang dapat digunakan dalam pemodifikasian kitosan secara kimia dengan cara ikatsilang yaitu glutaraldehid, epiklorohidrin (ECH), dan ethylene glycol diglydyl ether (EDGE). (Nurmasari, *et al.*, 2018).

Epiklorohidrin merupakan salah satu agen dari ikatsilang yang bersifat sangat reaktif dan memiliki cincin oksiran beranggota tiga (Stranges, *et al.*, 2011). Pengikatan silang menggunakan epiklorohidrin ini akan bereaksi dengan mendonorkan atom O pada gugus hidroksi (-OH) pada atom C pada cincin epoksi yang menghasilkan pembentukan ikat silang yaitu ikatan kovalen (Laus *et al.*, 2010). Menurut Madjid (2015) menjelaskan bahwa penambahan ikatsilang epiklorohidrin bertujuan dapat meningkatkan stabilitas kimia pada kondisi asam dan dapat membentuk pori butiran kitosan yang lebih besar. Keuntungan penggunaan epiklorohidrin yang lain yaitu tidak menghilangkan gugus amina pada kitosan (Mardila *et al.*, 2014). Sedangkan kelebihan penggunaan epiklorohidrin adalah tidak mudah menghilangkan fungsi kationik amina dari kitosan yang dimana fungsi tersebut penting terhadap adsorpsi zat warna (Kim *et al.*, 2012).



Gambar 2. 4 Struktur Modifikasi Kitosan-TPP-ECH (Laus *et al.*, 2010)

### 2.3 Pengukuran Kapasitas Adsorpsi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat yang digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi, dan absorbansi cuplikan sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrument spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif (Mulja dan Suharman, 1995).

Kemampuan adsorpsi pada Jumlah RBV5R dapat ditentukan dengan menghitung kapasitas adsorpsi menggunakan Persamaan 2.1 (Li dan Ding, 2011):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan  $q_e$  adalah jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g),  $m$  adalah massa adsorben (gram),  $V$  adalah volume sampel (L),  $C_0$  adalah konsentrasi awal sampel (ppm),  $C_e$  adalah konsentrasi sampel setelah proses adsorpsi (ppm).





## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bertempat di Laboratorium Kimia Organik Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yaitu beaker glass, pipet volume, pipet ukur, pipet tetes, bola hisap, batang pengaduk, gelas arloji, spatula, neraca analitik, labu ukur, cawan petri, kertas saring, tabung reaksi, rak tabung reaksi, indikator pH dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800).

##### 3.2.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yaitu kitosan dari kulit udang DD 75%, kitosan, tripolifosfat (TPP), epiklorohidrin (ECH), zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*, asam asetat, HCl, NaOH dan aquades.

#### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan-tahapan yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Preparasi butiran kitosan menggunakan TPP 1% dengan lama perendaman 3 jam.
2. Modifikasi kitosan beads dengan agen pengikat silang epiklorohidrin.
3. Penentuan panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R*.
4. Pembuatan kurva standar *Remazol Brilliant Violet 5R*.
5. Penentuan pH optimum adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*.
6. Penentuan konsentrasi ECH terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*.

#### 3.4 Prosedur Kerja

##### 3.4.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikatsilang TPP 1%

Perlakuan yang akan dilakukan dimulai dengan pembuatan butiran kitosan terlebih dahulu yaitu larutan kitosan 1%(b/v). Pembuatan butiran kitosan tersebut dilakukan dengan ditimbang terlebih dahulu sebanyak 1 gram kitosan dan dimasukkan ke dalam 100 mL asam asetat 5% (v/v). Kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya dimasukkan sebanyak 5 mL larutan kitosan 1% (b/v) yang sudah dibuat tadi ke dalam *syringe*. Kemudian diteteskan ke dalam larutan TPP 1% (b/v) sebanyak 5 mL dan dilanjutkan dengan perendaman selama 3 jam. Perlakuan selanjutnya kitosan yang sudah direndam disaring untuk memperoleh butiran kitosan (Madjid, 2016).

### **3.4.2 Modifikasi Butiran Kitosan dengan Agen Pengikatsilang Epiklorohidrin**

Perlakuan pada tahap ini dimulai dengan direndam terlebih dahulu kitosan-TPP yang sudah dibuat ke dalam 25 mL epiklorohidrin 1%, 2,5% dan 5% (v/v). Setelah dilakukan perendaman dilanjutkan dengan dioven selama 2 jam pada suhu 55 °C. Kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan aquades. Selanjutnya dipisahkan butiran kitosan telah dihasilkan dan diambil butiran kitosan terikat silang ECH yang sudah didapatkan untuk dioven pada suhu 105°C.

### **3.4.3 Adsorpsi Menggunakan Zat Warna *Remazol Brilliant Violet 5R***

#### **3.4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R***

Perlakuan tahap ini dimulai dengan pembuatan larutan induk 1000 ppm. Pembuatan larutan induk tersebut dilakukan dengan dilarutkan 0,1 gram *Remazol Brilliant Violet 5R* dalam 100 mL aquades. Selanjutnya diencerkan lagi larutan induk dari 1000 ppm menjadi 100 ppm sebagai larutan kerja. Selanjutnya diencerkan lagi larutan kerja 100 ppm menjadi 20 ppm. Kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-800 nm.

#### **3.4.3.2 Pembuatan Kurva Standar *Remazol Brilliant Violet 5R***

Perlakuan tahap ini dimulai dengan pembuatan larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20 dan 25 ppm dengan dilarutkan dari larutan induk dalam volume 10 mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi pada masing-masing larutan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah dihasilkan. (Kusumaningsih et al., 2006)

#### **3.4.3.3 Penentuan pH optimum adsorpsi zat warna**

Perlakuan tahap ini dimulai dengan dilakukan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 pada zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* dengan sebelumnya dikalibrasi dengan buffer pH 4, 7, 10 dan dilakukan variasi pH menggunakan larutan NaOH 1M dan larutan HCl 1M. Kemudian diukur absorbansi tiap variasi pH pada panjang gelombang maksimum zat warna. Selanjutnya dimasukkan 0,02 gram butiran kitosan-TPP-ECH dimasukkan ke dalam 50 mL larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* 20 ppm yang sudah dilakukan variasi pH. Selanjutnya diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 2,5 jam. Setelah itu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R*. Dilakukan perlakuan secara triplo dan konsentrasi zat warna yang terserap paling besar merupakan pH optimum adsorpsi.

#### **3.4.3.4 Adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan kitosan-TPP-ECH**

Perlakuan tahap ini dilakukan menggunakan metode batch. 0,02 gram butiran kitosan-TPP-ECH dimasukkan ke dalam 50 mL larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* 20 ppm.

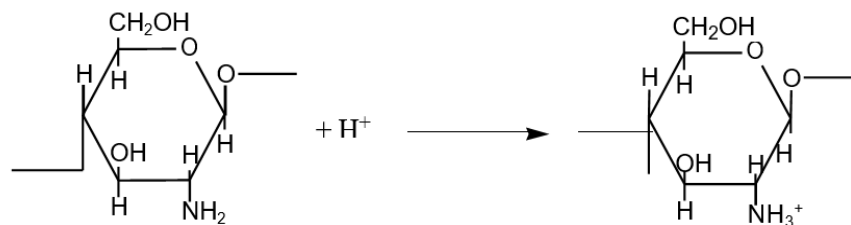
Selanjutnya diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 2,5 jam. Setelah itu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R*. Dilakukan perlakuan yang sama dengan variasi konsentrasi ECH 1%, 2,5 % dan 5% pada pH optimum. Kemudian perlakuan tersebut dilakukan secara triplo.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembuatan Adsorben Kitosan-TPP-ECH

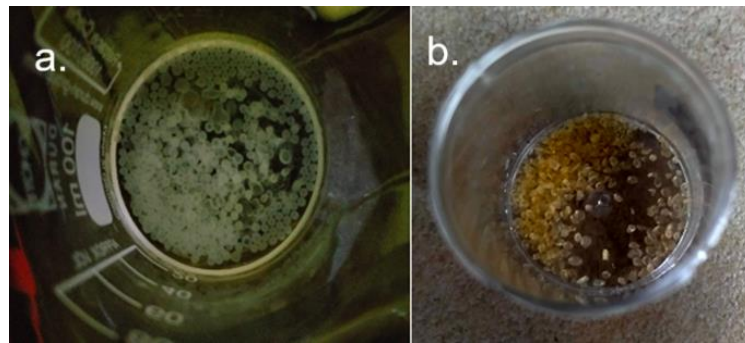
Pembuatan adsorben kitosan diawali dengan melarutkan serbuk kitosan yang dilarutkan dengan asam asetat dan diaduk merata sampai serbuk kitosan tidak terjadi gumpalan. Kemudian kitosan didiamkan selama 24 jam yang bertujuan supaya kitosan dapat larut sempurna dengan asam asetat. Pelarut asam asetat digunakan karena merupakan salah satu dari pelarut kitosan. Menurut Zukhriyah, (2020) penggunaan asam asetat karena kitosan mempunyai sifat kelarutan tinggi dalam kondisi asam lemah dan tidak mudah larut dalam pH netral, basa kuat maupun asam kuat. Larutan kitosan akan berbentuk gel terjadi karena gugus  $R-NH_2$  terprotonasi sehingga menjadi  $R-NH_3^+$  dikarenakan terjadinya penambahan  $H^+$  pada gugus karbonyl asam asetat kepada gugus amina kitosan (Kurniasih *et al.*, 2014). Reaksi protonasi kitosan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Proses Protonasi Kitosan (Zukhriyah, 2020)

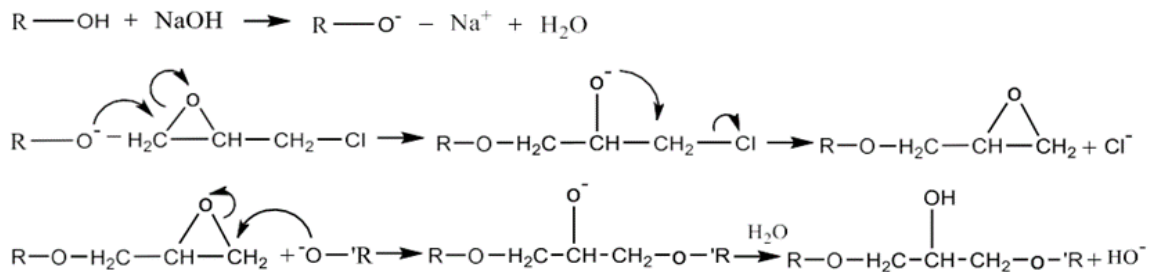
Proses selanjutnya yaitu gel kitosan ditetaskan ke dalam larutan TPP 1% menggunakan *syringe* yang bertujuan untuk membuat butiran kitosan. Kemudian kitosan didiamkan selama 3 jam karena waktu perendaman optimum yang telah dilakukan oleh penelitian Geofany (2023) dan bertujuan supaya kitosan dapat bekerja lebih optimum dan menjadi lebih kaku. Pengikatsilangan kitosan dengan TPP merupakan modifikasi secara fisika karena hanya berupa ikatan elektrostatik (Madjid, *et al.*, 2018). Ikatan silang yang terjadi antara kitosan dan tripolifosfat akan menyebabkan ukuran partikel yang kecil dan luas permukaan yang dihasilkan menjadi lebih besar (Madjid, *et al.*, 2016). Sesuai dengan Gambar 2.3 bahwa interaksi yang dihasilkan keduanya yaitu bersifat ionik dan menghasilkan ikatan ionik berupa gugus  $R-NH_3^+$  yang bereaksi dengan gugus  $P_3O_{10}^{5-}$  yang terdapat dalam larutan tripolifosfat (Lusiana dan Pranotoningtyas, 2018).

Butiran kitosan yang sudah terikatsilang dengan TPP dilanjutkan dengan modifikasi secara kimia atau diikatsilangkan dengan epiklorohidrin (ECH). Butiran kitosan-TPP dimasukkan ke dalam larutan ECH dan dilakukan perendaman ke dalam oven supaya butiran kitosan dengan ECH dapat bereaksi. Setelah itu disaring dan dicuci menggunakan aquades supaya hasil dari kitosan supaya terhindar dari sisa reaktan.



Gambar 4. 2 Butiran Kitosan-TPP-ECH a) basah b) kering

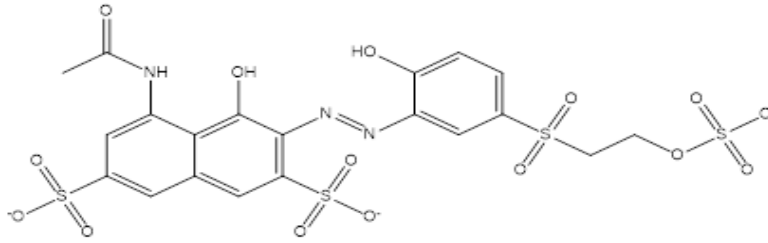
Gambar 4.2 a menunjukkan butiran kitosan yang direndam menggunakan larutan TPP untuk membuat beads yang rigid. Proses ikatsilang antara kitosan-TPP dan ECH pada Gambar 4.2 b menunjukkan bahwa kitosan sudah menjadi beads karena pengaruh oleh ikat silang tripolifosfat dan epiklorohidrin. Kemudian kitosan berinteraksi melalui atom C pada ECH dengan gugus hidroksi kitosan dan menghasilkan terbukanya cincin epoksi (Goncalves *et al.*, 2005). Kemudian atom C tadi akan berinteraksi dengan gugus -OH pada kitosan dan menghasilkan ikatan kovalen (Laus, *et al.*, 2010). Ikat silang yang dihasilkan merupakan ikat silang kovalen yang dapat menambah stabilitas kitosan sehingga kitosan tidak mudah larut dalam kondisi asam. Penambahan ECH menurut (Laus dan Favere, 2011) dapat memperluas permukaan kitosan dikarenakan ECH akan menepati ruang diantara polimer kitosan. Reaksi kitosan-TPP-ECH ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan reaksi pemutusan cincin ECH pada Gambar 4.3.



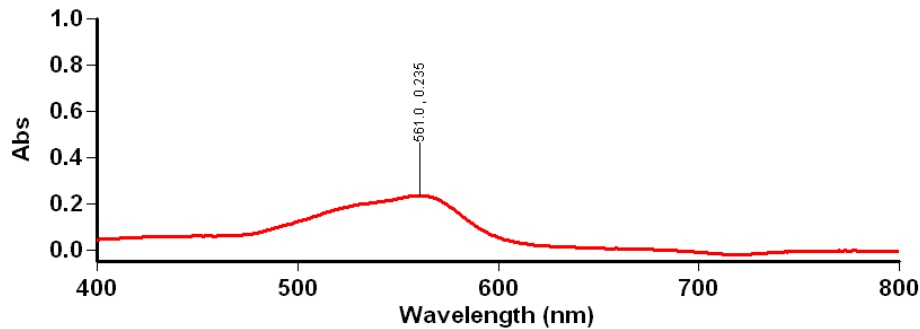
Gambar 4. 3 Reaksi Pemutusan Cincin Epiklorohidrin (Choiriyah, 2019)

#### 4.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Pembuatan Kurva Standar *Remazol Brilliant Violet 5R*

Penentuan panjang gelombang maksimum digunakan dalam mengetahui besarnya panjang gelombang yang dibutuhkan oleh zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* dalam mencapai serapan maksimum. Pengukuran pada panjang gelombang maksimum dikarenakan terdapat perubahan absorbansi pada setiap konsentrasi yang diukur itu besar, sehingga akan meminimalkan terjadinya kesalahan pengukuran atau hasil akan lebih akurat. Alat yang digunakan untuk mengukur zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* yaitu spektrofotometer visible dikarenakan zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* mempunyai gugus azo yang dapat menyerap sinar pada kisaran panjang gelombang 400-800 nm.



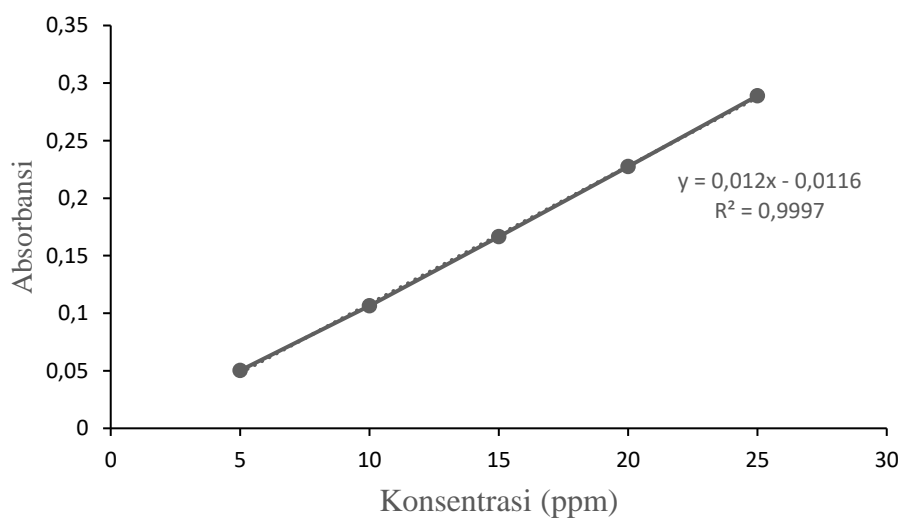
Gambar 4. 4 Struktur *Remazol Brilliant Violet 5R*



Gambar 4. 5 Spektrum panjang gelombang *Remazol Brilliant Violet 5R*

Berdasarkan Gambar 4.5 didapatkan bahwa panjang gelombang maksimum yang didapat sebesar 561 nm. Hasil tersebut tidak berbeda secara signifikan dengan penelitian terdahulu yaitu (Karmanto dan Riana, 2014., Sathishkumar *et al.*, 2014) sebesar 559 nm dan sebesar 557 nm. Penelitian yang sudah dilakukan oleh Geofany (2023) menunjukkan bahwa pH tidak mempengaruhi dalam penentuan panjang gelombang maksimum.

Pembuatan kurva standar bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan terhadap absorbansi yang sudah diserap dan setelah dilakukan analisa regresi linier. Penentuan konsentrasi yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, 25 ppm yang dimana diukur pada spektrofotometer visible pada panjang gelombang yang didapat yaitu 561 nm.

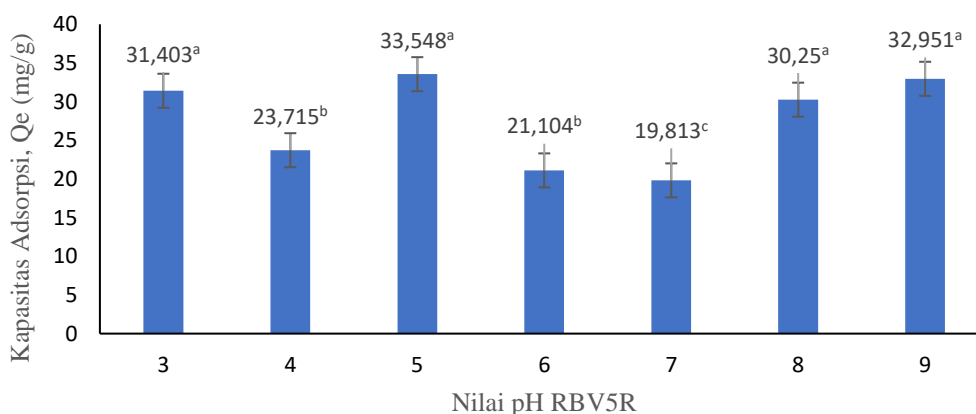


Gambar 4. 6 Kurva standar *Remazol Brilliant Violet 5R*

Berdasarkan Gambar 4.6 didapatkan bahwa persamaan regresi linier yang sudah diplotkan ke dalam kurva yaitu  $y = 0,012 x - 0,0116$  dengan nilai  $R^2 = 0,9997$ . Hasil nilai koefisien determinan yang mendekati nilai 1 dapat disimpulkan terdapat korelasi yang kuat antara konsentrasi dan absorbansi. Persamaan tersebut digunakan dalam menentukan konsentrasi sebelum dan hasil adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*. Kurva standar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* maka nilai absorbansi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal tersebut sudah sesuai menurut (Suseno *et al.*, 2022) bahwa hukum *Lambert-Beer* semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin tinggi pula nilai absorbansi yang dihasilkan atau dengan kata lain berbanding lurus antara nilai absorbansi dan konsentrasi larutan.

### 4.3 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R*

Adsorpsi RBV5R menggunakan kitosan-TPP-ECH dilakukan dengan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 menggunakan konsentrasi ECH 5%. Penentuan pH optimum dilakukan dengan mengkondisikan pH awal larutan zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* 20 ppm dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali (triplo). Penentuan kondisi pH pada zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan bantuan penambahan HCl dan NaOH ke dalam larutan zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*.



Gambar 4. 7 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan Kitosan-TPP-ECH 5%

Keterangan: notasi (a,b,c) menunjukkan uji Tukey Comparison atau uji beda nyata pada uji One Way Anova dengan nilai signifikansi 0,001

Berdasarkan uji Tukey one way Anova pada pH 3, 5, 8 dan 9 tidak memiliki perbedaan yang nyata. Pada kondisi pH 5, hal tersebut dapat dikarenakan gugus amina pada kitosan akan terprotonasi secara menyeluruh dan sesuai menurut Karmaker *et al.* (2019) pada kondisi pH asam, gaya tarik elektrostatis akan meningkat yang dimana pada kondisi pH asam akan terjadi protonasi secara keseluruhan. Pada pH 3 dan 4 terjadi penurunan kapasitas adsorpsi dikarenakan pada kondisi asam, ikatan silang tripolifosfat akan menghasilkan ion  $H^+$  yang terlalu banyak sehingga menyebabkan adsorben kitosan menjadi lebih elektronegatif. Pada kondisi



pH terlalu asam TPP akan menjadikan gugus amina ( $R-NH_2$ ) menjadi ( $R-NH_3^+$ ) dan menyebabkan tolakan yang besar antara zat warna pada kitosan yang dapat menurunkan kemampuan adsorpsinya (Kurniasih, *et al.*, 2014). Ketika kitosan menjadi lebih elektronegatif dapat menyebabkan gaya tolak menolak terhadap zat warna anionik dan zat warna tersebut akan sulit teradsorpsi oleh adsorben. Pada pH 3 juga terdapat peran dari TPP ketika berinteraksi TPP akan menghasilkan  $H^+$  semakin banyak, sehingga kitosan akan lebih reaktif dalam menarik adsorbat. Menurut Sabaruddin dan Madjid (2021) bahwa pada pH 3 terdapat peran TPP dalam difusi adsorpsi.

Pada pH 6 dan 7 atau pada kondisi pH netral terjadi penurunan kapasitas adsorpsi yang dapat dikarenakan ion  $H^+$  tidak sebanyak pada kondisi pH yang asam sehingga gaya elektrostatis yang dihasilkan juga tidak terlalu besar. Hal tersebut juga sesuai dengan Kusumaningsih, *et al.* (2012) yang menjelaskan bahwa terjadinya penurunan kemampuan adsorpsi yang dapat disebabkan oleh berkurangnya gugus amina dari kitosan yang terprotonasi. Pada pH 8 dan 9 memang tidak umum adsorben kitosan memiliki kapasitas adsorpsi yang seharusnya kitosan akan memanfaatkan gugus amina yang dimiliki untuk terprotonasi dalam kondisi asam. Namun pada jurnal Simonescu *et al.* (2021) adsorpsi kitosan pada zat warna *Congo red* mengalami kapasitas optimum yang didapatkan pada pH 10,8. Maka dari itu ada kemungkinan bahwa adsorben kitosan masih bisa mengadsorpsi zat warna pada pH basa dan hal tersebut kapasitas adsorpsi yang dihasilkan bukan hanya dari protonasi gugus amina kitosan, akan tetapi pori yang terbentuk dari ikatsilang kitosan dengan TPP dan ECH. (Laus and de Fávère 2011., Sabaruddin dan Madjid, 2021)

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pH dengan kapasitas adsorpsi tertinggi yang didapatkan yaitu pada kondisi pH 5. Hal tersebut menunjukkan bahwa kitosan terikat silang tripolifosfat dan epiklorohidrin lebih tinggi kapasitas adsorpsinya pada kondisi pH asam daripada pH basa. Kemampuan adsorpsi butiran kitosan menurut (Wahyuningsih *et al.*, 2018) kitosan dapat menyerap lebih tinggi pada keadaan asam karena permukaan adsorben lebih condong elektropositif sehingga anion pada gugus aktif zat warna lebih mudah tertarik ke permukaan adsorben.

#### **4.4 Pengaruh Konsentrasi ECH Terhadap Adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R***

Adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan kitosan-TPP-ECH menggunakan variasi ECH yaitu 1%; 2,5%; dan 5% dengan masing-masing variasi pengulangan sebanyak 3 kali (triplo) pada pH 5. Penggunaan variasi ECH dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan kitosan yang terikat silang dengan TPP dan ECH. Kemudian dilanjutkan dengan proses shaker yang bertujuan supaya mempercepat proses adsorpsi antara kitosan dengan zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*.

Tabel 4. 1 Kapasitas adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* berdasarkan variasi konsentrasi ECH pada pH 5

Variasi Konsentrasi ECH (%)	Kapasitas Adsorpsi (Qe)			Rata-Rata
	Ulangan ke-1	Ulangan ke-2	Ulangan ke-3	Kapasitas Adsorpsi $\pm$ SD
1	36,083	41,167	38,917	38,722 $\pm$ 2,55 <sup>a</sup>
2,5	32,208	35,333	35,563	34,368 $\pm$ 1,87 <sup>a</sup>
5	33,938	30,604	36,104	33,549 $\pm$ 2,77 <sup>a</sup>

Keterangan: notasi (a) menunjukkan bahwa notasi tidak beda nyata (signifikan)

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan bahwa hasil kapasitas adsorpsi (Qe) tertinggi yaitu pada konsentrasi ECH 1 % dengan rata-rata sebesar 38,722 mg/g. Namun, ketika dilakukan pengujian *Tukey Pairwise Comparisons* pada uji *One Way Anova* ketiga variasi konsentrasi mendapatkan notasi tidak beda nyata yaitu a. Meskipun variasi ECH tidak memiliki dampak signifikan terhadap kapasitas adsorpsi, namun dengan melihat besarnya hasil kapasitas adsorpsi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ECH 1% > 2,5% > 5%. Selain itu penggunaan ikatsilang ECH berpengaruh dengan kapasitas adsorpsi ketika tanpa menggunakan ikatsilang ECH. Maka dari itu adsorpsi kitosan-TPP pada zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* bisa digunakan dengan konsentrasi ECH 1%. Hal itu dikarenakan meskipun konsentrasi ECH tergolong kecil, akan tetapi lebih efisien digunakan menggunakan ikat silang ECH karena ECH dapat memperluas permukaan adsorben, sehingga proses adsorpsi dengan kitosan juga semakin besar daripada hanya terikat silang dengan TPP saja ataupun dengan ECH saja hasil kapasitas adsorpsi akan jauh lebih kecil.

#### 4.5 Hasil Penelitian Berdasarkan Perspektif Islam

Kitosan merupakan senyawa yang berasal dari kitin dan kitin berasal dari limbah hewan yang biasanya diambil dari cangkang kepiting maupun dari kulit udang. Limbah hewan berjumlah sangat banyak dan ketika dibiarkan sangat memungkinkan dapat merusak lingkungan. Maka dari itu limbah kitosan dimanfaatkan sebagai adsorben yang mana dapat menyerap limbah zat warna yang juga dapat membahayakan lingkungan. Pada firman Allah SWT surah Ad-Dukhon ayat 38:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لَعِبِينَ

Artinya: “dan Kami tidak menciptakan langit serta bumi juga apa yang ada antara keduanya dengan bermain-main.” (Ad-Dukhon ayat 38)

Menurut Tafsir as-Sa'di / Syekh Abdurrahman bin Nashir as-Sa'di pada abad 14 H menjelaskan “Allah memberitahukan tentang kesempunaan kuasa dan hikmahnya, Dia tidak menciptakan langit dan bumi karena sia-sia dan main-main tanpa adanya guna, Allah tidak

menciptakan keduanya “melainkan dengan haq.” Yakni, penciptaan keduanya itu sendiri dengan haq dan penciptaannya mengandung haq. Allah menciptakan keduanya agar mereka semua menyembahNya semata, yang tidak ada sekutu baginya dan agar Allah memerintah, melarang, memberi pahala dan menyiksa para hamba. “Tetapi kebanyakan mereka tidak mengetahui,” karena itu mereka tidak mau merenungkan penciptaan langit dan bumi.”

Kelestarian bumi dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya dengan memanfaatkan limbah untuk bisa bermanfaat kembali. Limbah yang terlalu berlebihan pada ekosistem bumi akan menyebabkan ketidakstabilan yang dapat mengganggu ekosistem makhluk ciptaan Allah SWT seperti limbah akan mencemari air dan ketersediaan air bersih akan menurun. Sebagai manusia yang juga ciptaan sang pencipta juga harus memiliki kesadaran dan kreatifitas dalam menjaga lingkungan sebagai upaya bersyukur kepada Allah SWT.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (Ar-Rum ayat 41)

Menurut Tafsir as-Sa'di / Syekh Abdurrahman bin Nashir as-Sa'di pada abad 14 H menjelaskan “Allah merasakan kepada mereka sebagian dari akibat perbuatan mereka,” maksudnya, agar mereka tahu bahwasannya Allah memberikan balasan atas amal perbuatan. Jadi, Allah menyegerakan contoh (terlebih dahulu) dari balasan amal perbuatan mereka di dunia, “agar mereka kembali,” dari perbuatan mereka yang telah menimbulkan kerusakan bagi mereka sendiri, sehingga keadaan mereka menjadi baik, urusan mereka menjadi bersinar. Maka Mahasuci tuhan yang telah memberikan nikmat dan cobaannya dan memberikan karunia dengan hukumnya. Sebab, jika tidak maka kalau dia merasakan kepada mereka seluruh balasan (amal) yang mereka lakukan, tentu Dia akan menyisahkan satu binatang melata (pun) manusia di muka bumi.”

Zat pewarna tekstil sangat banyak digunakan dalam dunia perindustrian salah satunya yaitu zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*. Dalam mengurangi limbah zat warna salah satunya bisa dengan cara adsorpsi menggunakan kitosan yang sama-sama untuk mengurangi limbah. Kitosan yang digunakan sebagai adsorben akan semakin efektif jika akan diikat silang menggunakan tripolifosfat dan epiklorohidrin. Adsorpsi dengan kitosan akan sangat efektif dalam mengadsorpsi zat warna dan dapat mengurangi limbah zat warna secara efisien dan ketersediaan melimpah di alam.

Hasil penelitian yang sudah didapatkan adsorpsi kitosan dengan terikat silang tripolifosfat dan epiklorohidrin terhadap zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* sebesar 38,722 mg/g pada konsentrasi ECH 1% pada pH 5. Oleh karena itu hasil tersebut menunjukkan bahwa limbah cangkang hewan yang sangat melimpah di alam dapat digunakan kembali dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna tekstil berupa zat warna *Remazol*

*Brilliant Violet 5R* yang berpotensi dapat membahayakan lingkungan berskala besar. Penelitian ini juga dapat disimpulkan upaya kita sebagai makhluk dalam menjaga ciptaan sang pencipta dan menjadikan upaya kita untuk bersyukur dapat mengembangkan kreatifitas kita dalam mengurangi limbah yang berada di lingkungan.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Adsorpsi butiran kitosan terikatsilang TPP dan ECH dapat mempengaruhi hasil kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) pada zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R*. Adsorpsi pada variasi pH mendapatkan pH optimum yaitu pH 5 sebesar 33,548 mg/g.
2. Adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* pada variasi konsentrasi ECH didapatkan hasil kapasitas adsorpsi tertinggi pada pH 5 yaitu pada konsentrasi ECH 1 % sebesar 38,722 mg/g

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan uji analisis lanjutan seperti uji isoterm untuk mengetahui jenis adsorpsi antara adsorbat zat warna *Remazol Brilliant Violet 5R* dengan adsorben.
2. Perlu dilakukan modifikasi pembuatan butiran kitosan dengan agen pengikatsilang lain seperti glutaraldehid (GLA) untuk mendapatkan karakteristik adsorben yang berbeda.
3. Perlu dilakukan uji karakteristik lebih lanjut menggunakan instrumen seperti spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), SEM (*Scanning Electro Microscope*) untuk mengetahui permukaan serta pori pada adsorben kitosan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., I Made D. S., dan I Nyoman S. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia* 9(2): 271-278.
- Amin, N. K. (2009). *Removal of direct blue-106 dye from aqueous solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: Adsorption equilibrium and kinetics*. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3), 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.067>.
- Ariyani, D., Cahaya, N., dan Mujiyanti. 2018. Pengaruh pH dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Zn (II) pada Komposit Arang Eceng Gondok Termodifikasi Kitosan-Epklorohidrin. *Jurnal Kimia Valensi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 4(2): 85-92.
- Astuti, W., 2018. Adsorpsi Methyl Violet oleh Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Rekayasa Kimia Lingkungan*, 13: 189-199.
- Bello dan Ahmad. 2011. *Adsorption of Remazol Brilliant Violet 5R Reactive Dye from Aqueous Solution by Cocoa Pod Husk-Based Activated Carbon*. *Chemical Engineering Journal: Malaysia*.
- Chen, A. H., & Huang, Y. Y. (2010). Adsorption of Remazol Black 5 from aqueous solution by the templated crosslinked-chitosans. *Journal of Hazardous Materials*, 177(1–3), 668-675 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.083>.
- Chen, W.F., Zhang W., Meng J. 2013. Advances and Prospect in Research of Biochar Utilization in Agriculture. *Sci. Agric Sin.* 46. 3324-3333.
- Chiou, M. S., & Li, H. Y. (2003). Adsorption Behavior of Reactive Dye in Aqueous Solution on Chemical Cross-linked Chitosan Beads. *Chemosphere*, 50, 1095–1105. [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere).
- Choiriyah, R. A. 2019. Kinetika dan Isoterm adsorpsi Zat Warna Rhodamin B dengan Menggunakan Butiran Kitosan Terikat Silang Tripolifosfat dan Epiklorohidrin. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Dinira, L. 2022. Modifikasi Kitosan sebagai Komposit Biopolimer untuk Pemisahan Pb(II) dan Cd(II) secara Simultan pada Sistem Multikomponen. *Jurnal MIPA*. Universitas Brawijaya Malang.
- Fadiah, A. R., Dadan S., Nyoman S. 2017. Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Menggunakan Lempung sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi. *Jurnal LIPI*. Vol. 31(2): 105-114.
- Galuh, D. P., Rahma T., dan Rif'an F. 2022. Adsorpsi Logam Cd pada CdSO<sub>4</sub> Menggunakan Batang Pohon Pisang sebagai Adsorben. *Jurnal Chemurgy* Vol. 06(1): 131-136.
- Geofany. 2023. Pengaruh Ikatsilang Tripolifosfat pada Kapasitas Adsorpsi Butiran Kitosan dengan Zat Warna Remazol Brilliant Violet 5R. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Goncalves, V. L., Mauro C. M. L., Valfredo F. 2005. Effect of Crosslinking Agents on Chitosan Microspheres in Controlled Release of Diclofenac Sodium. *Journal of Technology* 15(1): 6-12.
- Guibal. E., 2004. Heterogeneous Catalysis on Chitosan-Based Material. *Polym. Sci*, 20:71-

109.

- Hastuti, S. 2012. Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B. *Jurnal EKOSAINS IV*(1).
- Izwan, S. A., Azmier A., Nasehir K.E.M.Y. 2023. Insight the Mechanism of MgAl/Layered double Hydroxide Supported on Ubbber Seed Shell Biochar for Remazol Brilliant Violet 5R Removal. *Arabian Journal of Chemistry*. King Saud University.
- Jain, K., Varun S., Chapla D., Datta M. 2012. Decolorization and degradation of Azo Dye- Reactive Violet 5R by an Acclimatized Indigenous Bacterial Mixed Cultures-SB4 Isolated from Anthropogeniuc Dye Contaminated Soil. *Journal of Hazardous Materials* 213-214: 378-386.
- Karmaker, Subarna, Amlan N., Tapan K. S. 2019. Adsorption of Remazol Brilliant Violet onto Chitosan 10B in Aqueous Solution: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics Studies. *Cellulose Chem. Technology*, 53 (3-4): 373-386.
- Karmanto dan Riana. 2014. Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5R Menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Vol. X* (1): 11-19.
- Kim, T. H., Park C., Yang J., Kim S. 2012. Comparison of Disperse and Reactive Dye Removals by Chemical Coagulation and Fenton Oxidation. *Journal hazard* 112(95-103).
- Kurniasih, M., Riapanitra, Rohadi, A. 2014. Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan Adsorption of Rhodamin B with Powder Chitosan and Chitosan Beads Adsorbent (Vol.2, Issue 2).
- Kusumaningsih, T., Handayani, D. S., & Lestari, Y. (2012). Pembuatan Mikrokapsul Kitosan Gel Tersambung Silang Etilen Glikol Diglisidil Eter (Psf-Egde-Cts) sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b. In *ALCHEMY jurnal penelitian kimia* (Vol. 8, Issue 1).
- Kusumawati, N. 2009. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Ultrafiltrasi. *Inotek*. 13(2): 113-120.
- Laus, R., Costa, T. G., Szpoganicz, B., & Favere, V. T. 2010. Adsorption and Desorption of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) Ions Using Chitosan Crosslinked with Epchlorohydrin-Triphosphate as The Adsorbent. *Journal Of Hazardous Materials*, 183(1-3).
- Laus, Rogério, Valfredo T. de F. 2011. "Competitive Adsorption of Cu(II) and Cd(II) Ions by Chitosan Crosslinked with Epichlorohydrin– Triphosphate." *Bioresource Technology* 102(19):8769–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.057>.
- Lazaridris, N.K., Kyzas, G.Z., Vassilou, A.A., and Bikiaris, D.N. 2007. Chitosan Derivatives as Biosorbents for Basic Dyes. *Langmuir*, 23:7634-7643.
- Li, F., & Ding, C. (2011). Adsorption of Reactive black M-2R on different deacetylation degree chitosan. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(3), 25–31. <https://doi.org/10.1177/155892501100600303>.
- Li, X. 2017. Adsorption of Reactive Yellow and reactive Brilliant Red X-3B. *Journal Colloid Interace Sci*. 498, 31-46.
- Lin, E. Y. 2007. A Study of The Mobility of Silver Ions in Chitosan Membranes. University of Waterloo.
- Lusiana dan Pranotoningtyas, W. P., 2018. Membran Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat-



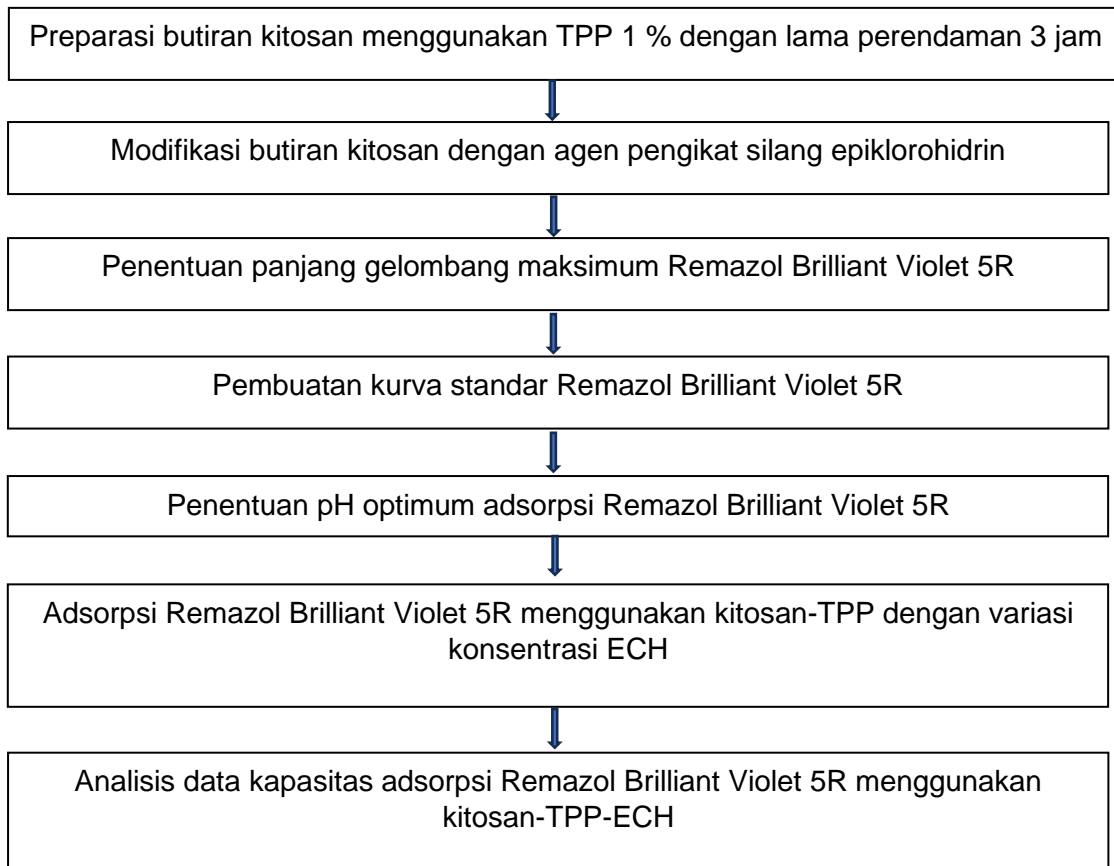
- Heparin. *Analytical and Environmental Chemistry*, 3(01), pp. 11–21.
- Madjid, A. DR., Nitsae, M., & Sabarudin, A. (2015). Pengaruh Penambahan Tripolyfifat pada Kitosan Beads untuk Adsorpsi Methyl Orange. *Jurnal MIPA*, 38(2), 144–149. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>.
- Madjid, A., Nitsae, M., & Sabarudin, A. (2018). Perbandingan Butiran Kitosan dengan Pengikat Silang Epiklorohidrin (ECH) dan Glutaraldehyd (GLA): Karakterisasi dan Kemampuan Adsorpsi Timbal (Pb). *Alchemy: Journal of Chemistry*, 6(1), 29–37.
- Madjid, A. D. R., Merpiseldin N., Lukman H., Sabaruddin, 2016. Pengaruh Tripolifosfat dan Etilen Glikol Diglisidil Eter pada Pembuatan Kitosan Beads untuk Adsorpsi Cr(VI). *Jurnal MIPA*. 3(3).
- Manurung, R., Hasibuan R., Irvan. 2004. Peromabakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob.
- Mardila, V. T., Sabarudin, A., & Rumhayati, B. (2014). Pembuatan Kitosan Makropori Menggunakan Epichlorohydrin sebagai Cross-linker dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Methyl Orange. *Kimia Student Journal*, 1(2), 182–188.
- Miretzky, P., & Cirelli, A. F. (2009). Hg(II) Removal from Water by Chitosan and Chitosan Derivatives: A Review. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1–3), 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.01.060>.
- Mulja, M & Suharman. 1995. Analisis Instrumental. Airlangga University Press Surabaya.
- Ngah, W.S.W., and Fatinthan, S. 2010. Adsorption Characterization of Pb(II) and Cu(II) Ions onto Chtiosan-Tripolyphosphate Beads. *Journal of Enviromentals Management*, 91: 958-969.
- Nurhuda, D. 2022. Adsorpsi Zat Warna Remazol Violet 5R pada Adsorben Beads Kitosan. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
- Nurmasari, R., Umaningrum D., Yuliyanti E., Yani J. A., Selatan, K. (2018). Study Of Sorption On Safranin O By Sorbent Beads Chitosan-Tripolyphosphate. *Sains Dan Terapan Kimia*, 12, 34–40.
- Pavlostathis, G. 2001. Biological Decolorization and Reuse of Spent Reactive Dye baths, Annual Report FY 01.
- Pratiwi, R. 2014. Manfaat Kitin dan Kitosan Bagi Kehidupan Manusia. *Oseana Vol. XXXIX (1)*: 35-43.
- Qodri, A.A. 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan FotoKatalis Komposit TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>. Skripsi. FMIPA. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Sabarudin, A., & Madjid, A. D. R. (2021). Preparation and Kinetic Studies of Cross-Linked Chitosan Beads Using Dual Crosslinkers of Tripolyphosphate and Epichlorohydrin for Adsorption of Methyl Orange. *Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2021/6648457>
- Sathiskumar, Palanivel, Seralathan K., Min C., Jae S. K., Tony H., M. Razman S., Byung T. O. 2014. Laccase Immobilization on Cellulose Nanofiber: The Catalytic Efficiency and Recyclic Application for Simulated Dye Effluent Treatment. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 100: 111-120.

- Simonescu, C. M., Alina T., Daniela C. C., Nicolae S., Ioana A. I., Bogdan B., and Anamaria B.. 2021. Comparative Study CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles and CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Chitosan Composite for Congo Red and Methyl Orange Removal by Adsorption. *Nanomaterials* (11):711. <https://www.mdpi.com/journal/nanomaterials>. <https://doi.org/10.3390/nano11030711>.
- Stranges, S., Alagia, M., Decleva, P., Stener, M., Fronzoni, G., Toffoli, D., Speranza, M., Catone, D., Turchini, S., Prospero, T., Zema, N., Contini, G., & Keheyan, Y. (2011). The valence electronic structure and conformational flexibility of epichlorohydrin. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 13(27), 12517–12528. <https://doi.org/10.1039/c0cp02730h>.
- Sugiharto. 1987. *Dasar - Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Suseno, P. D., Peni P., Sumardiyono. 2022. Degradasi Pewarna Tekstil Remazol Violet 5R dengan Metode Elektrokatalisis menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan* Vol. 8(2): 204-210. DOI <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i2.370>.
- Taufan, M.R.S. & Zulfahmi. 2010. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap pada Bangunan Berbahan Kayu. *Skripsi*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Thitame, P. V., & Shukla S. R. 2015. Adsorptive Removal of Reactive Dyes from Aquades using Activated Carbon Synthesized from Waste Biomass Materials. *Internasional Journal of Environmental Science and Technology*: 561-570.
- Wahyuningsih, A. W. K., Ulfin, I., & dan Suprpto. 2018. Pengaruh pH dan Waktu Kontak Pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Ampas Singkong. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2).
- Widjajanti, E., Tutik, R., & Pranjoto U. 2005. Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA*, 14–2011.
- Zhou, S., Fu, Z., Xia, L., Mao, Y., Zhao, W., Wang, A., Zhang, C., Ding, C., & Xu, W. (2021). In situ synthesis of ternary hybrid nanocomposites on natural *Juncus effusus* fiber for adsorption and photodegradation of organic dyes. *Separation and Purification Technology*, 255(June 2020), 117671. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117671>.
- Zukhriyah, R. 2020. Adsorpsi Nitrat menggunakan Butiran Kitosan yang Terikat silang dengan Tripolifosfat (TPP) dan Epiklorohidrin (ECH). *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

## LAMPIRAN

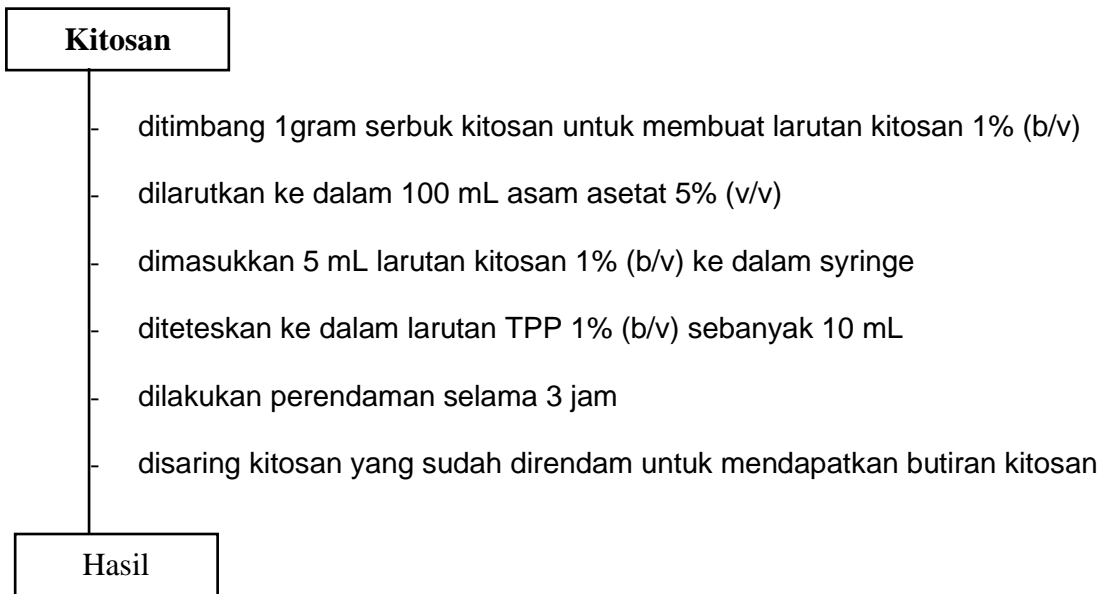
### Lampiran 1 Tahapan Penelitian

#### 1.1 Tahapan Penelitian

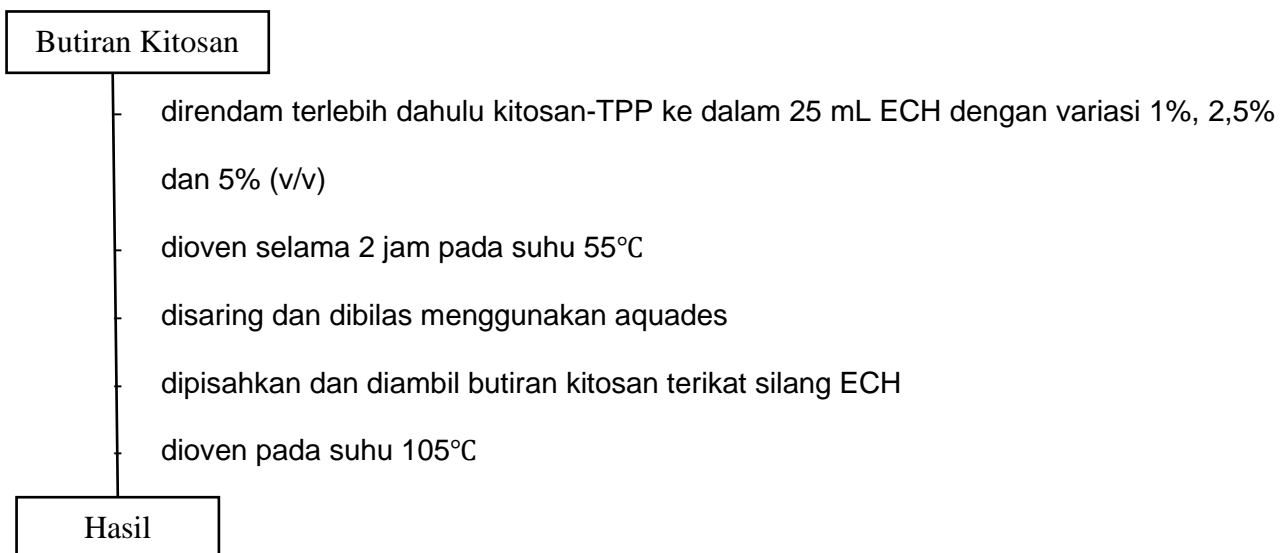


## Lampiran 2 Diagram alir

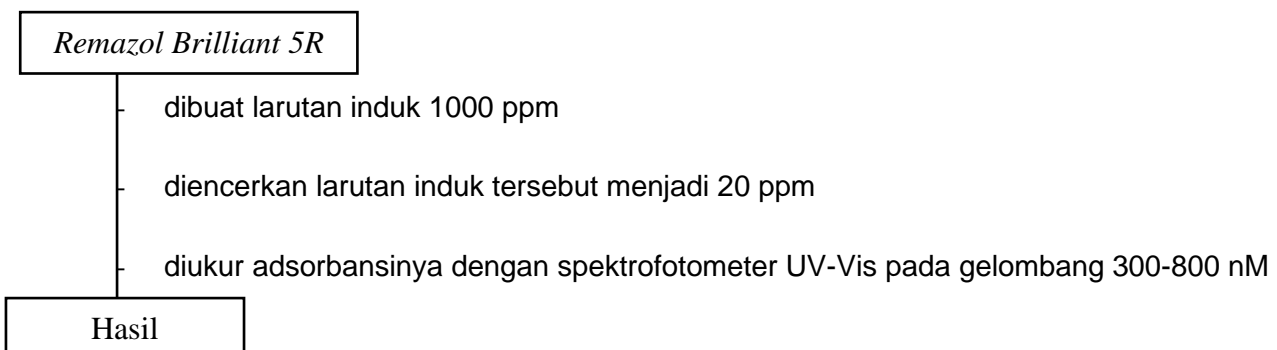
### 2.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikat Silang TPP 1%



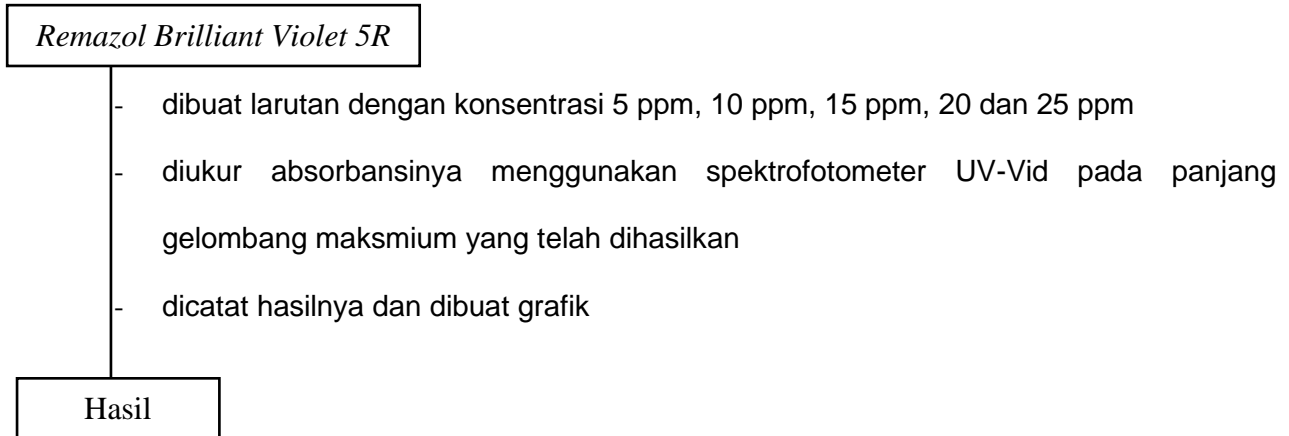
### 2.2 Modifikasi Butiran Kitosan dengan Agen Pengikat Silang ECH



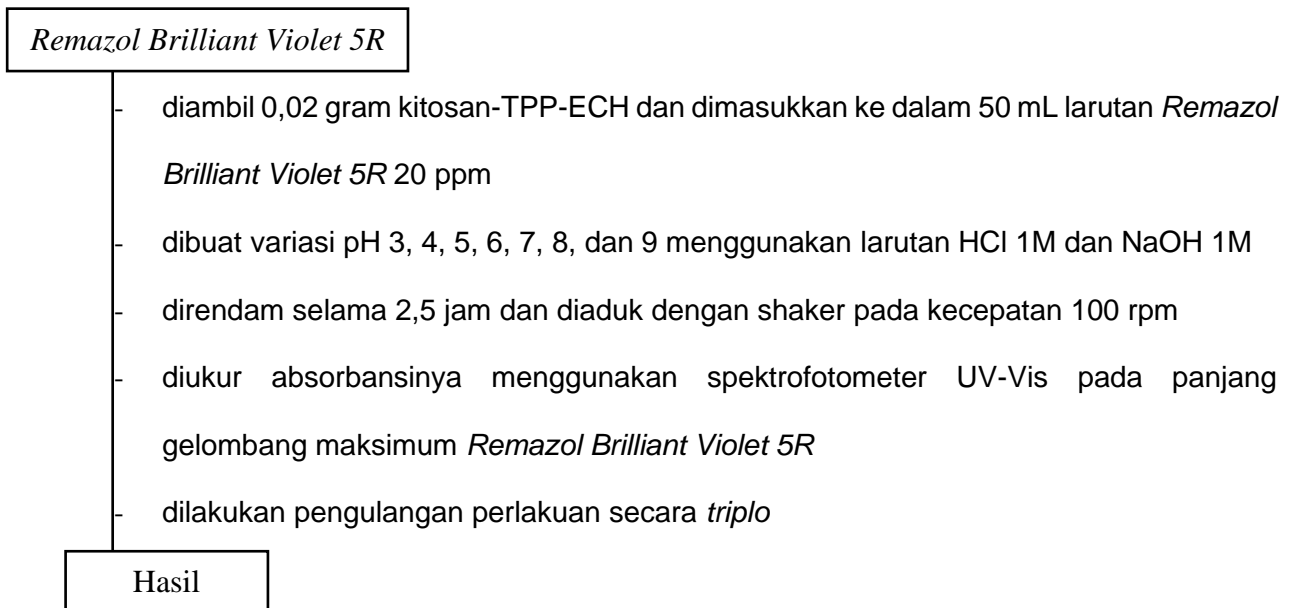
### 2.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R*



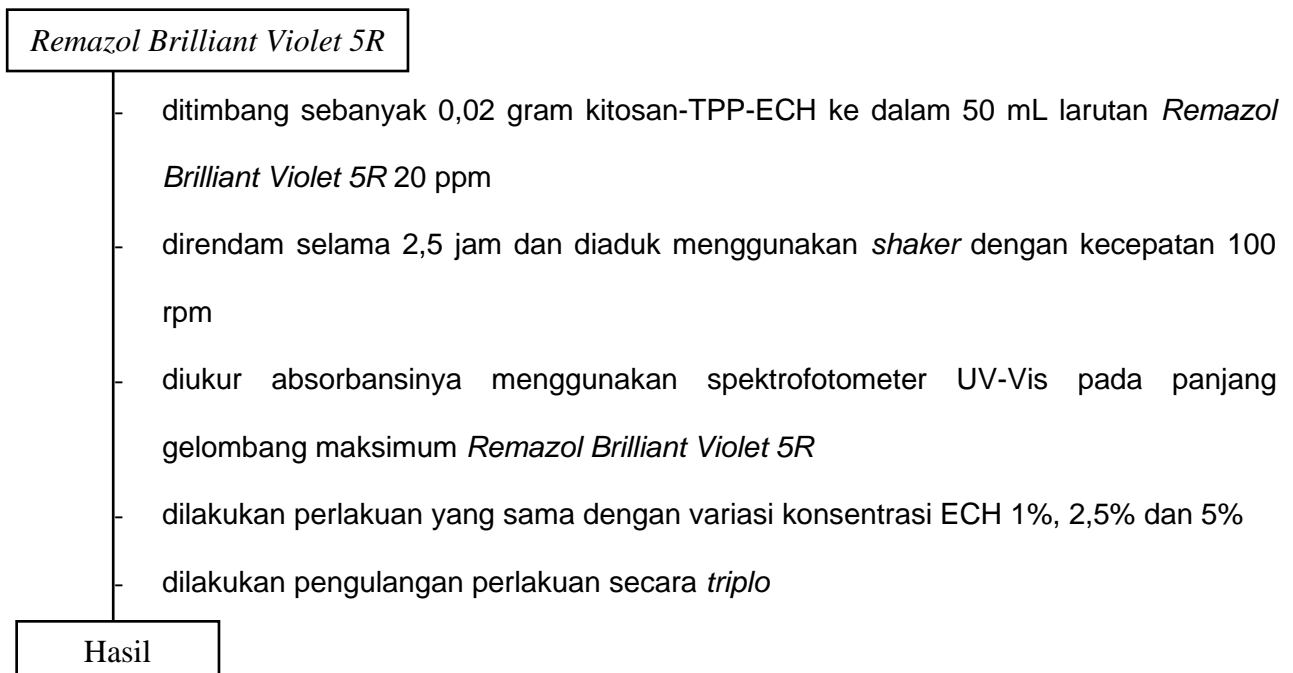
#### 2.4 Pembuatan Kurva Standar Remazol Brilliant Violet 5R



#### 2.5 Penentuan pH optimum adsorpsi zat warna



#### 2.6 Adsorpsi *Remazol Brilliant Violet 5R* menggunakan Kitosan-TPP-ECH



**Lampiran 3. Perhitungan****3.1 Pembuatan Larutan Asam Asetat 5% (v/v)**

$$\text{Konsentrasi Asam Asetat} = 99\%$$

$$\text{Volume larutan yang akan dibuat} = 100$$

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

$$99\% \times V_1 = 5\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5\% \times 100 \text{ mL}}{99\%}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

**3.2 Pembuatan Larutan Induk *Remazol Brilliant Violet 5R* 1000 ppm**

$$\text{Konsentrasi Yang Diinginkan} = 1000 \text{ ppm}$$

$$\text{Volume larutan yang akan dibuat} = 100 \text{ mL}$$

$$\text{Konsentrasi (ppm)} = \frac{\text{massa Remazol Brilliant Violet 5r (gram)}}{\text{Volume larutan (mL)}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{\text{massa Remazol Brilliant Violet 5r (gram)}}{100 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa RBV5R (gram)} &= 1000 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} \\ &= 0,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

**3.3 Pengenceran Larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* 1000 ppm menjadi 100 ppm**

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

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

**3.4 Pengenceran Larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* 100 ppm menjadi 20 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

3.5 Pengenceran Larutan *Remazol Brilliant Violet 5R* 100 ppm menjadi beberapa konsentrasi (5,10,15,20,25)

**a. 5 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

**b. 10 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

**c. 15 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 15 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{15 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL}$$

**d. 20 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

**e. 25 ppm**

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 25 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{25 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

3.6 Pembuatan Larutan TPP 1%

Konsentrasi Yang Diinginkan = 1%

Volume larutan yang akan dibuat = 100 mL

$$\text{Konsentrasi (ppm)} = \frac{\text{massa Trifolifosfat (gram)}}{\text{Volume larutan (L)}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{massa Trifolifosfat (gram)}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Trifolifosfat (gram)} &= \frac{1\% \times 100}{100\%} \\ &= 1 \text{ gram} \end{aligned}$$

### 3.7 Pembuatan Larutan ECH 1%, 2,5% dan 5%

#### a. 1%

Konsentrasi Yang Diinginkan = 1%

Volume Aquades = 100 mL

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1\% \times 100 \text{ ml}}{100\%} \\ &= 1 \text{ ml} \end{aligned}$$

#### b. 2,5%

Konsentrasi Yang Diinginkan = 2,5%

Volume Aquades = 100 mL

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$2,5\% = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{2,5\% \times 100 \text{ ml}}{100\%} \\ &= 2,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

#### c. 5%

Konsentrasi Yang Diinginkan = 5%

Volume Aquades = 100 mL

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$5\% = \frac{\text{Volume ECH (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$



$$V = \frac{5\% \times 100 \text{ ml}}{100\%}$$

$$= 5 \text{ ml}$$

### 3.8 Pembuatan Larutan HCl 1M

$$\text{Mr HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$\rho \text{ HCl} = 1,18 \text{ g/ml}$$

$$\text{Konsentrasi HCl} = 37 \%$$

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{Volume HCl (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$37 \% = \frac{\text{Volume HCl (ml)}}{\text{Volume larutan (ml)}} \times 100\%$$

$$V \text{ HCl} = \frac{37\% \times 100}{100\%}$$

$$= 37 \text{ ml}$$

$$\rho \text{ HCl} = \frac{\text{Massa HCl (g)}}{\text{Volume HCl (ml)}}$$

$$1,18 \text{ g/ml} = \frac{\text{Massa HCl (g)}}{37 \text{ ml}}$$

$$\text{Massa HCl} = 37 \text{ ml} \times 1,18 \text{ g/ml}$$

$$= 43,66 \text{ gram}$$

$$M \text{ HCl} = \frac{\text{Massa HCl (g)}}{\text{Mr HCl}} \times \frac{1000}{\text{volume larutan (ml)}}$$

$$= \frac{43,66 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ ml}}$$

$$= 11,9616 \text{ M}$$

Jadi konsentrasi HCl 37% adalah 11,9616 M, Sehingga

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

$$11,9616 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}}{11,9616 \text{ M}}$$

$$V_1 = 8,4 \text{ ML}$$

### 3.9 Pembuatan Larutan NaOH 1M

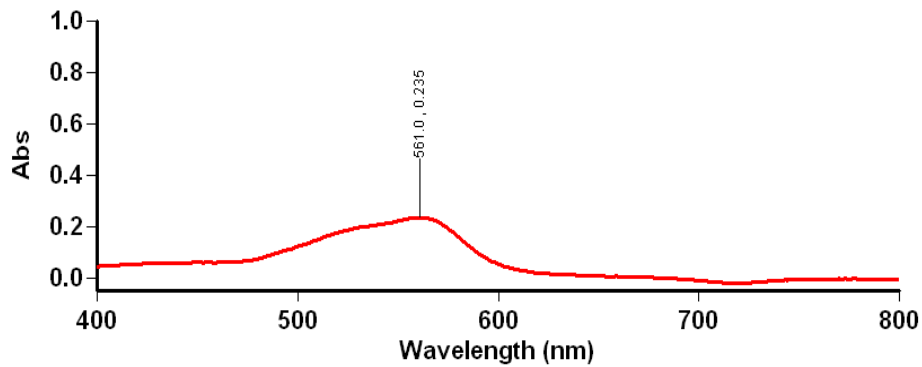
$$\text{Mr NaOH} = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{Volume larutan yang dibuat} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH} &= M \times V \\ &= 1 \times 0,1 = 0,1 \text{ mol} \\ \text{Massa NaOH} &= n \times Mr \text{ NaOH} \\ \text{Massa NaOH} &= 0,1 \times 40 \\ &= 4 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### Lampiran 4 Data Analisis

##### 4.1 Data Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Violet 5R*



##### 4.2 Data Kurva Standar *Remazol Brilliant Violet 5R*

Standart	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
STD 1	5	0,0502
STD 2	10	0,1065
STD 3	15	0,1666
STD 4	20	0,2274
STD 5	25	0,2889

### 4.3 Data kapasitas adsorpsi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

#### a. Kapasitas adsorpsi pada Variasi pH (5%)

pH		Abs sebelum	Abs setelah	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe rata-rata (mg/g)	Stdev
3	U1	0,183	0,053	16,242	5,358	10,883	27,208	31,403	4,097
	U2	0,180	0,028	15,975	3,333	12,642	31,604		
	U3	0,206	0,036	18,158	4,000	14,158	35,396		
4	U1	0,146	0,021	13,133	2,725	10,408	26,021	23,715	2,753
	U2	0,175	0,057	15,533	5,750	9,783	24,458		
	U3	0,127	0,028	11,525	3,258	8,267	20,667		
5	U1	0,205	0,042	18,075	4,500	13,575	33,938	33,549	2,770
	U2	0,212	0,065	18,625	6,383	12,242	30,604		
	U3	0,214	0,041	18,817	4,375	14,442	36,104		
6	U1	0,160	0,038	14,333	4,167	10,167	25,417	21,104	4,069
	U2	0,136	0,053	12,283	5,350	6,933	17,333		
	U3	0,162	0,063	14,467	6,242	8,225	20,563		
7	U1	0,168	0,05	14,908	5,133	9,775	24,438	19,813	4,733
	U2	0,167	0,071	14,883	6,875	8,008	20,021		
	U3	0,148	0,076	13,267	7,275	5,992	14,979		
8	U1	0,211	0,061	18,600	6,008	12,592	31,479	30,25	2,349
	U2	0,214	0,082	18,800	7,783	11,017	27,542		
	U3	0,222	0,070	19,475	6,783	12,692	31,729		
9	U1	0,222	0,079	19,433	7,533	11,900	29,750	32,951	3,273
	U2	0,226	0,068	19,758	6,633	13,125	32,813		
	U3	0,214	0,040	18,792	4,275	14,517	36,292		

Persamaan garis linier yang diperoleh yaitu  $y = 0,012x - 0,0116$ ,  $R^2 = 0,9997$

$y$  = absorbansi dan  $x$  = konsentrasi

$v = 50 \text{ ml} = 0,05 \text{ L}$  dan  $M = 0,02 \text{ g}$

$$C_o = \text{Konsentrasi awal} = \frac{(\text{absorbansi sebelum} + 0,0116)}{0,012}$$

$$C_e = \text{Konsentrasi akhir} = \frac{(\text{absorbansi setelah} + 0,0116)}{0,012}$$

$C_o - C_e = \text{Konsentrasi teradsorpsi} = \text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}$

$$Q_e = \text{Kapasitas adsorpsi} = \frac{(C_o - C_e) v}{m}$$

Contoh: U1 pH 3:

$$- C_o = \frac{(0,183 + 0,0116)}{0,012} = 16,242$$

$$- C_e = \frac{(0,053 + 0,0116)}{0,012} = 5,358$$

$$- C_o - C_e = 16,242 - 5,358 = 10,883$$

$$- Q_e = \frac{(C_o - C_e) v}{m} = \frac{(16,242 - 5,358) 0,05}{0,02} = 27,208$$

**b. Kapasitas adsorpsi variasi konsentrasi ECH pada pH 5**

ECH		Abs sebelum	Abs setelah	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe rata-rata (mg/g)	Stdev
1 %	U1	0,212	0,039	18,608	4,175	14,433	36,083	38,722	2,55
	U2	0,242	0,045	21,167	4,700	16,467	41,167		
	U3	0,22	0,033	19,300	3,733	15,567	38,917		
2,5 %	U1	0,211	0,056	18,550	5,667	12,883	32,208	34,368	1,87
	U2	0,223	0,053	19,508	5,375	14,133	35,333		
	U3	0,224	0,053	19,642	5,417	14,225	35,563		
5 %	U1	0,205	0,042	18,075	4,500	13,575	33,938	33,549	2,77
	U2	0,212	0,065	18,625	6,383	12,242	30,604		
	U3	0,214	0,041	18,817	4,375	14,442	36,104		

Persamaan garis linier yang diperoleh yaitu  $y = 0,012x - 0,0116$ ,  $R^2 = 0,9997$

y = absorbansi dan x = konsentrasi

v = 50 ml dan M = 0,02 g

$$Co = \text{Konsentrasi awal} = \frac{(\text{absorbansi sebelum} + 0,0116)}{0,012}$$

$$Ce = \text{Konsentrasi akhir} = \frac{(\text{absorbansi setelah} + 0,0116)}{0,012}$$

Co – Ce = Konsentrasi teradsorpsi = konsentrasi awal – konsentrasi akhir

$$Qe = \text{Kapasitas adsorpsi} = \frac{(Co - Ce) v}{m}$$

Contoh: U1 1%:

$$- Co = \frac{(0,212 + 0,0116)}{0,012} = 18,608$$

$$- Ce = \frac{(0,039 + 0,0116)}{0,012} = 4,175$$

$$- Co - Ce = 18,608 - 4,175 = 14,433$$

$$- Qe = \frac{(Co - Ce) v}{m} = \frac{(18,608 - 4,175) 0,05}{0,02} = 36,083$$

### c. Uji One way Anova : variasi pH

#### Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

*Equal variances were assumed for the analysis.*

#### Factor Information

##### Factor Levels Values

Variasi	73; 4; 5; 6; 7;
pH	8; 9

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Variasi pH	6	610,2	101,71	8,16	0,001
Error	14	174,5	12,46		
Total	20	784,7			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,53004	77,77%	68,24%	49,98%

#### Means

Variasi pH	N	Mean	StDev	95% CI
3	3	31,40	4,10	(27,03;35,77)
4	3	23,72	2,75	(19,34;28,09)
5	3	33,55	2,77	(29,18;37,92)
6	3	21,10	4,07	(16,73;25,48)
7	3	19,81	4,73	(15,44;24,18)
8	3	30,25	2,35	(25,88;34,62)
9	3	32,95	3,27	(28,58;37,32)

*Pooled StDev = 3,53004*

#### Tukey Pairwise Comparisons

##### Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Variasi pH	N	Mean	Grouping
5	3	33,55	A
9	3	32,95	A
3	3	31,40	A
8	3	30,25	A B
4	3	23,72	A B C
6	3	21,10	B C
7	3	19,81	C

*Means that do not share a letter are significantly different.*

#### d. Uji One way Anova : Variasi Konsentrasi ECH

##### Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

##### Factor Information

Factor	Levels Values
variasi	3 1,0;
konsentrasi pH	2,5; 5,0

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
variasi konsentrasi pH	2	46,40	23,199	3,94	0,081
Error	6	35,36	5,893		
Total	8	81,76			

##### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,42754	56,75%	42,34%	2,69%

##### Means

Variasi konsentrasi pH	N	Mean	StDev	95% CI
1,0	3	38,72	2,55	(35,29; 42,15)
2,5	3	34,37	1,87	(30,94; 37,80)
5,0	3	33,55	2,77	(30,12; 36,98)

Pooled StDev = 2,42754

##### Tukey Pairwise Comparisons

##### Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Variasi konsentrasi pH	N	Mean	Grouping
1,0	3	38,72	A
2,5	3	34,37	A
5,0	3	33,55	A

Means that do not share a letter are significantly different.

##### Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T- Adjusted Value	P-Value
2,5 - 1,0	-4,35	1,98	(-10,44; 1,73)	-2,20	0,150
5,0 - 1,0	-5,17	1,98	(-11,26; 0,91)	-2,61	0,089
5,0 - 2,5	-0,82	1,98	(-6,90; 5,26)	-0,41	0,911

Individual confidence level = 97,80%