

**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN  
EPIKLOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN  
TERHADAP ADSORPSI PROCION RED MX 8B**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
SULFANI ARUMMIDAH  
NIM. 19630019**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN  
EPIKLOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN  
TERHADAP ADSORPSI PROCION RED MX 8B**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
SULFANI ARUMMIDAH  
NIM. 19630019**

**Diajukan Kepada :  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) 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  
2023**

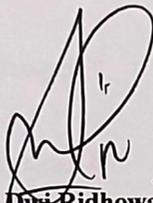
**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN  
EPIKLOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN  
TERHADAP ADSORPSI PROCION RED MX 8B**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
SULFANI ARUMMIDAH  
NIM. 19630019**

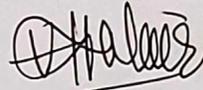
**Telah Diperiksa dan Disetujui  
Tanggal 20 September 2023**

**Pembimbing I**



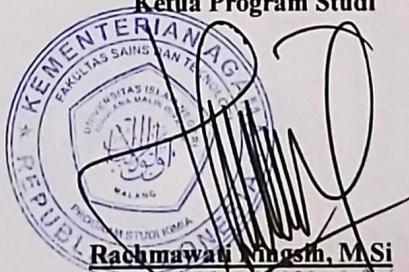
**Armeida Dwi-Ridhowati Madjid, M. Si  
NIP. 19890527 201903 2 016**

**Pembimbing II**



**Nur Aini, M. Si  
NIP. 19840608 201903 2 009**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi**



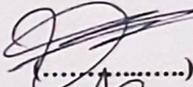
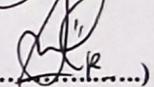
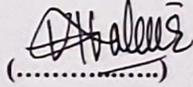
**Rachmayati Ningsih, M.Si  
NIP. 19810811 200801 2 010**

**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPOLIFOSFAT DAN  
EPIKLOOROHIDRIN PADA BUTIRAN KITOSAN SERTA pH LARUTAN  
TERHADAP ADSORPSI PROCION RED MX 8B**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**SULFANI ARUMMIDAH**  
NIM. 19630019

**Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal 20 September 2023**

<b>Ketua Penguji</b>	<b>: Diana Candra Dewi M. Si</b> NIP. 19770720 200312 2 001	
<b>Anggota Penguji I</b>	<b>: Vina Nurul Istighfarini, M.Si</b> LB. 63025	
<b>Anggota Penguji II</b>	<b>: Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si</b> NIP. 19890527 201903 2 016	
<b>Anggota Penguji III</b>	<b>: Nur Aini, M.Si</b> NIP. 19840608 201903 2 009	

**Mengesahkan,  
Ketua Program Studi**

  
**Rachmawati Angsih, M.Si**  
NIP. 19810811 200801 2 010

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulfani Arummidah  
NIM : 19630019  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Tripolifosfat dan Epiklorohidrin  
pada Butiran Kitosan serta pH Larutan terhadap Adsorpsi  
Procion Red MX 8B

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah 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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi perbuatan tersebut.

Malang, 20 September 2023  
Yang Membuat Pernyataan,



Sulfani Arummidah  
NIM.19630019

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirabbil'alamiin*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunianya-Nya. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memerikan nikmat iman dan islam, serta kepada keluarga dan para Sahabat beliau.

\*\*\*

Karya ilmiah ini, penulis persembahkan kepada orang-orang tersayang yaitu Ayah Purnomo, Ibu Istianah, Adik Rahma, Bapak dan Ibu Dosen, serta teman-teman penulis. Selain itu, yang pertama penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada diri sendiri yang tetap semangat dan pantang menyerah melewati banyak rintangan untuk menyelesaikan penulisan naskah skripsi ini. Kedua, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian dan penyusunan naskah ini, diantaranya yaitu Ibu Armeida D.R, M.Si, Ibu Nur Aini, M.Si, Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, Ibu Vina Nurul Istighfarini, M.Si dan seluruh laboran Prodi Kimia.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada teman-teman Angkatan kimia 2019 (uranium), teman-teman kelas B, teman-teman Laboratorium Analitik khususnya teman seperbimbingan yaitu Elvionita Muji P., Geofany, Mbak Nur Khasanah dan Mbak Nur Rofiatul Majidah yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian. Selain itu terima kasih kepada teman-teman dekat penulis di kampus yaitu Windi, Aidina, Rindi, Novaliya, Dita, Titian, Elvitra yang selalu memberikan semangat, support dan menemani hari-hari di kampus, menghibur, mengajak *healing* dan tepat curhat keluh kesah selama kuliah. *Last but not least*, penulis mengucapkan terimakasih kepada sahabat penulis sejak TK yaitu Salsabila Rona yang selalu siap direpotkan, bersedia menjadi tempat curhat kapanpun disaat penulis sedang *down*, dan mampu memberikan motivasi untuk bangkit kembali. Serta kepada teman sekamar kos di Malang yaitu Vicky Alfina yang mau menemani penulis mencari tempat mengerjakan naskah skripsi dengan suasana baru agar tidak bosan di kamar kos.

\*\*\*

Terima kasih atas dukungan, perhatian, nasihat, bantuan, motivasi dan do'a dari semua pihak yang terlihat dan ikut andil dalam penyelesaian tugas akhir ini yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan naskah ini dengan baik. Semoga Allah SWT membalas atas kebaikan semua pihak dengan balasan yang sebaik-baiknya.

*Aamiin Yaa Robbal'Aalamiin*

## **MOTTO**

“Kejujuran akan menyelamatkanmu meski kamu merasa takut akan hal itu”  
(Ali bin Abi Thalib)

“Allah mampu menciptakan langit tanpa tiang, apalagi hanya untuk mengobati hatimu. Kita hanya perlu percaya bahwa setiap luka adalah bagian dari takdir terindah”

*“Do your best at every opportunity that you love!”*

## KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah Penguasa alam semesta atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Tripolifosfat dan Epiklorohidrin pada Butiran Kitosan serta pH Larutan terhadap Adsorpsi Procion Red MX 8B”**. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta para keluarga, sahabat, dan orang-orang yang senantiasa mengikuti jalan mereka.

Ucapan syukur dan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan arahan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan berbagai pengetahuan, nasihat, motivasi dan arahan kepada penulis.
5. Ibu Nur Aini, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu dan arahan kepada penulis.
6. Seluruh dosen Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Bapak Purnomo dan Ibu Istianah selaku orang tua penulis serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
8. Seluruh mahasiswa Kimia angkatan 2019 yang telah memberikan semangat, bantuan dan motivasi terbaik.

Demikian ucapan terimakasih dari penulis. Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam proposal ini. Oleh karena itu, segala

kritik dan saran akan penulis terima. Penulis berharap adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi penulis maupun pembaca

Malang, 15 November 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iiiv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
مُلَخَّصُ البَحْث .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah .....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Procion Red MX 8B .....	8
2.2 Kitosan dan Modifikasinya sebagai Adsorben .....	9
2.3 Analisis Kapasitas Adsorpsi Procion Red MX 8B dengan Butiran.. Kitosan Termodifikasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis... 19	
2.4 Perspektif Islam dan Sains.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Tahapan Penelitian .....	26
3.4 Cara Kerja.....	26
3.4.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikat Silang TPP.....	26
3.4.2 Modifikasi butiran kitosan dengan epiklorohidrin (ECH).....	26
3.4.3 Adsorpsi Procion Red MX 8B.....	27
3.4.4 Analisis data jumlah Procion Red MX 8B yang teradsorpsi .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Pembuatan Butiran Kitosan sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B .....	29

4.2	Analisis Procion Red MX 8B Menggunakan Spektrofotometer.....	
	UV-Vis .....	34
4.2.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{max}$ ) .....	34
4.2.2	Pembuatan Kurva Standar .....	35
4.3	Kemampuan Butiran Kitosan dalam Mengadsorpsi Procion Red....	
	MX 8B .....	36
4.3.1	Pengaruh Konsentrasi ECH terhadap Adsorpsi Procion Red MX....	
	8B .....	36
4.3.2	Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Procion Red MX 8B .....	38
4.4	Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam .....	42
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas Adsorpsi Procion Red MX 8B dan Sampel Kitosan..... Termodifikasi dalam Literatur .....	21
Tabel 4.1 Kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B berdasarkan variasi..... konsentrasi epiklorohidrin (ECH).....	37
Tabel 4.2 Kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B pada penelitian sebelumnya.. menggunakan kitosan .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur zat warna Procion Red MX 8B .....	8
Gambar 2. 2 Perubahan struktur kitin menjadi kitosan.....	10
Gambar 2. 3 Struktur Kitosan .....	10
Gambar 2. 4 Hasil SEM kitosan tanpa modifikasi.....	11
Gambar 2. 5 (a) Larutan kitosan membentuk butiran dalam larutan TP.....	
(b) butiran kitosan setelah perendaman dalam TPP selama 3 jam... dan telah disaring .....	13
Gambar 2. 6 Reaksi Kitosan dengan TPP .....	13
Gambar 2. 7 SEM butiran kitosan-TPP : (a) x30; (b) x50; (c) x1000.....	14
Gambar 2. 8 a) Butiran kitosan dalam ECH (b) butiran kitosan terikat silang.... ECH setelah dikeringkan .....	15
Gambar 2. 9 Struktur kitosan termodifikasi TPP dan ECH .....	16
Gambar 2. 10 Reaksi butiran kitosan dengan ECH.....	16
Gambar 2. 11 Spektra FTIR kitosan dan butiran kitosan terikat silang TPP dan.. ECH .....	17
Gambar 2. 12 Gambar SEM ikat silang butiran kitosan dengan TPP 1% dan.... ECH .....	18
Gambar 4. 1 Reaksi protonasi serbuk kitosan dengan asam asetat 5%.....	29
Gambar 4. 2 Kitosan gel.....	30
Gambar 4. 3 Butiran kitosan-TPP .....	30
Gambar 4. 4 Mekanisme in-liquid pembentukan koaservasi kitosan terikat..... silang tripolifosfat .....	31
Gambar 4. 5 Butiran kitosan-TPP-ECH (a) basah dan (b) kering.....	32
Gambar 4. 6 Butiran kitosan terikat silang ECH : (a) 5%, (b) 2,5% dan (c) 1% ..	33
Gambar 4. 7 Reaksi ikat silang butiran kitosan dengan ECH.....	33
Gambar 4. 8 Panjang gelombang maksimum Procion Red MX 8B .....	34
Gambar 4. 9 Kurva standar Procion Red MX 8B .....	35
Gambar 4. 10 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B.... menggunakan butiran kitosan-ECH 1% .....	39
Gambar 4. 11 Reaksi kitosan-TPP-ECH dalam larutan zat warna pada pH 3 .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Penelitian .....	52
Lampiran 2. Diagram Alir.....	53
Lampiran 3. Perhitungan Reagen.....	56
Lampiran 4. Data Analisis.....	64
Lampiran 5. Dokumentasi.....	71

## ABSTRAK

Arummidah, S. 2023. **Pengaruh Penambahan Tripolifosfat dan Epiklorohidrin pada Butiran Kitosan serta pH Larutan terhadap Adsorpsi Procion Red MX 8B.** Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Armeida D.R. Madjid, M.Si. Pembimbing II: Nur Aini, M.Si

---

**Kata kunci:** Adsorpsi, Procion Red MX 8B, kitosan, epiklorohidrin

Procion Red MX 8B dapat diadsorpsi menggunakan adsorben berupa kitosan. Modifikasi kitosan dilakukan untuk meningkatkan kinerja adsorpsinya yaitu dengan pengikatsilangan menggunakan tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH). Dalam penelitian ini, dilakukan variasi konsentrasi pada agen pengikat silang ECH (1; 2,5; dan 5) v/v% kemudian dilakukan optimasi pH (3,4,5,6,7,8,9) pada adsorpsi Procion Red MX 8B. Pengukuran kapasitas adsorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer *Visible*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) tertinggi terdapat pada butiran kitosan terikat silang ECH 5% sebesar 57,634 mg/g, tetapi berdasarkan analisis *One-way* ANOVA peningkatan konsentrasi ECH tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai  $Q_e$  sehingga penambahan ECH yang lebih efisien dan ekonomis ialah pada konsentrasi ECH 1% yang kemudian digunakan untuk adsorpsi lanjutan menggunakan variasi pH sehingga diperoleh hasil  $Q_e$  tertinggi yaitu sebesar 61,913 mg/g pada pH 6. Hal ini disebabkan karena konsentrasi ECH yang semakin besar akan menyebabkan adsorben semakin rapat dan semakin kaku yang dapat mempersulit proses difusi zat warna ke dalam adsorben serta kondisi larutan adsorbat pada pH 6 tidak terdapat ion negatif yang berlebihan sehingga adsorbat dapat teradsorpsi lebih maksimal.

## ABSTRACT

Arummidah, S. 2023. **Effect of Tripolyphosphate and Epichlorohydrin Addition on Chitosan Beads and pH of Solution on Adsorption of Procion Red MX 8B**. Thesis. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Armeida D.R. Madjid, M.Si. Supervisor II: Nur Aini, M.Si

---

**Keywords:** Adsorption, Procion Red MX 8B, chitosan, epichlorohydrin

Procion Red MX 8B can be adsorbed using adsorbents in the form of chitosan. Chitosan modification was carried out to improve their adsorption performance by cross-linking them using tripolyphosphate (TPP) and epichlorohydrin (ECH). In this study, concentration variations were carried out on ECH crosslinking agents (1; 2.5; and 5) v/v and then the adsorption pH condition (3,4,5,6,7,8,9) was optimized on Procion Red MX 8B adsorption. Adsorption capacity was measured using a Visible spectrophotometer. Based on the research that has been done, the highest adsorption capacity ( $Q_e$ ) is found in 5% ECH cross-linked chitosan beads of 57.634 mg/g, but based on One-way ANOVA analysis the ECH variation does not have a significant effect on the  $Q_e$  value, so the addition of ECH was more efficient and economical, namely at a 1% ECH concentration of 55.341 mg/g, which was then used for further adsorption using a variation of pH. The highest  $Q_e$  result was obtained at pH 6, which was 61.913 mg/g. This was due to the greater concentration of ECH will be tighter and more rigid adsorbent which can complicate the process of dye diffusion into the adsorbent and The condition of the adsorbate solution at pH 6 does not contain excessive negative ions so that the adsorbate can be adsorbed more optimally.

## مُلَخَّصُ البَحْثِ

أروميدها ، س. 2023. تأثير إضافة ترايوليفوسفيت و الإيكلوروهيدرين على حبيبات الشيتوزان والرقم الهيدروجيني للمحلول على امتزاز عملية MX 8B الحمراء. بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: أرميدة د. ر. مجيد، الماجستير، المشرفة الثانية: نور عيني، الماجستير

**الكلمات الرئيسية:** الامتزاز، Procion Red MX 8B، الشيتوزان المتصالب، الإيكلوروهيدرين من الصعب تحلل صبغة Procion Red MX 8B ولكن من الأسهل إزالتها عن طريق الامتزاز. واحدة من المواد الطبيعية التي يمكن استخدامها كمتزاز هي الشيتوزان. يتم إجراء تعديل حبيبات الشيتوزان لتحسين أداء الامتزاز، أي عن طريق التشابك باستخدام ترايوليفوسفيت (TPP) وإيكلوروهيدرين (ECH).

في هذا البحث، تم إجراء اختلافات التركيز على عوامل التشابك ECH (1، 2، 5، و 5) / v ثم تم إجراء تحسين الأس الهيدروجيني (3، 4، 5، 6، 7، 8، 9) على امتزاز Procion Red MX 8B. كان الغرض من هذا البحث هو تحديد تأثير قدرة الامتزاز لحبيبات الشيتوزان المتقاطعة TPP و ECH لاعتماد Procion Red MX 8B وتحديد تأثير الأس الهيدروجيني على قدرة امتصاص Procion Red MX 8B باستخدام حبيبات الشيتوزان المتقاطعة TPP و ECH. يتم إجراء قياس قدرة الامتزاز باستخدام مقياس الطيف الضوئي المرئي.

بناء على البحث الذي تم إجراؤه ، تم الحصول على أعلى نتائج قدرة امتصاص (Qe) في حبيبات الشيتوزان المتقاطعة ECH بنسبة 5% من 57.634 مجم / جم ، ولكن بناء على تحليل ANOVA أحادي الاتجاه ، لم يكن للزيادة في تركيز ECH تأثير كبير على زيادة قيمة التيسير الكمي بحيث تكون إضافة ECH الأكثر كفاءة واقتصادية عند تركيز 1 ECH % والذي يتم استخدامه بعد ذلك لمزيد من الامتزاز باستخدام اختلافات الأس الهيدروجيني بحيث يتم الحصول على أعلى نتائج Qe ، وهي بلغت 61.913 ملغم / غرام عند الرقم الهيدروجيني 6.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Limbah cair dari proses pewarnaan tekstil merupakan salah satu sumber pencemaran air dari industri tekstil yang cukup tinggi jika tidak dilakukan pengolahan limbah (Manurung, 2004). Penggunaan zat warna sintetis semakin meningkat hingga saat ini karena harganya yang relatif murah, warna tahan lama dan pilihan warna yang beragam dibandingkan pewarna alami. Pewarna azo merupakan kelompok zat warna yang paling umum digunakan dalam industri tekstil sebesar 60-70% dari keseluruhan zat warna dalam produksi tekstil (Brüschweiler & Merlot, 2017). Pewarna azo termasuk zat warna reaktif yang mempunyai tingkat fiksasi sebesar 50-90% sehingga hilangnya zat warna reaktif pada proses produksi mencapai 50% (O,Neil, dkk., 1999).

Procion Red MX 8B adalah salah satu pewarna azo yang dipakai dalam industri tekstil. Kandungan zat warna *Procion Red* dalam limbah cair industri songket di Palembang yang akan dibuang ke lingkungan sebesar 1928,31 mg/L (Purwaningrum dkk., 2013). Procion Red MX 8B merupakan zat warna reaktif dingin golongan diklorotriazina yang dapat mencelup serat selulosa, wol, sutera dan poliamida buatan. Zat warna tekstil tersebut mengandung senyawa azo yang limbahnya bersifat *non biodegradable* dan jika dilakukan penguraian akan dibutuhkan waktu yang lama (Pormazar & Dalvand, 2022). Hal ini disebabkan karena adanya ikatan rangkap (-N=N-) pada senyawa azo. Zat warna sintetis yang reaktif akan sulit terdegradasi karena memiliki struktur aromatik yang menyebabkan adanya ikatan kovalen yang kuat antara atom C dari zat warna

dengan atom O, N atau S dari gugus hidroksi, amina atau thiol dari polimer. Kraftkolour (2017) menyatakan bahwa golongan zat warna reaktif dingin memiliki toksisitas pada ikan  $LC_{50} > 60$  mg/L yang tergolong toksik. Meskipun toksisitas zat warna azo relatif rendah, namun keberadaannya dalam perairan dapat menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air yang mengganggu aktivitas fotosintesis mikroalga sehingga pasokan oksigen dalam air menjadi berkurang dan memicu mikroorganisme yang menghasilkan produk dengan bau tak sedap. Selain itu, perombakan zat warna azo secara anaerobik akan melepas senyawa amina aromatik yang bersifat toksik bagi makhluk hidup dibandingkan zat warna azo itu sendiri. Paparan amina aromatik memiliki risiko bagi kesehatan manusia karena bersifat karsinogenik, mutagenik serta dapat menghasilkan hidrosilamin yang diketahui merusak DNA dan protein (Brüschweiler & Merlot, 2017).

Pencemaran air dari limbah zat warna merupakan salah satu contoh kerusakan alam yang dapat menjadi ancaman bagi kelangsungan hidup manusia. Pencemaran tersebut akan menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan sehingga tidak dapat berfungsi sesuai kegunaannya. Allah SWT. melarang hamba-Nya melakukan kerusakan di bumi ini. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-A'raf (7) ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۗ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan”.

Tafsir Al-Misbah volume 5 (2001 : 123) menjelaskan bahwa ayat tersebut melarang pengrusakan di bumi. Pengrusakan adalah salah satu bentuk pelampauan batas, karena itu, ayat ini melanjutkan tuntunan ayat Q.S Al-A'raf :

55 dengan menyatakan : “dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah diperbaikannya yang dilakukan oleh Allah dan atau siapapun dan berdoa serta beribadahlah kepada-Nya dalam keadaan takut” sehingga kamu lebih khusyu’, “dan” lebih terdorong untuk mentaati-Nya dan dalam keadaan penuh harapan terhadap anugerah-Nya, termasuk pengabulan do’a kamu. “Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada al-muhsinin, yakni orang-orang yang berbuat baik” (Shihab, 2001a).

Ayat tersebut menunjukkan bahwa Allah memerintahkan hamba-Nya untuk menjaga kelestarian lingkungan. Berbagai cara dapat dilakukan untuk menjaga dan memperbaiki pencemaran lingkungan terutama pencemaran air yang telah terjadi. Salah satu metode alternatif yang digunakan untuk menghilangkan zat warna yang ada dalam pengolahan limbah cair industri tekstil adalah metode adsorpsi. Metode ini prosesnya relatif sederhana, efektifitas dan efisiensinya relatif tinggi, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, biaya relatif murah dan dapat didaur ulang (Sari & Susatyo, 2017). Adsorpsi merupakan penyerapan suatu zat antara adsorbat (zat yang diserap) oleh adsorben (zat penyerap) (Priadi dkk., 2014). Material alami yang dapat digunakan sebagai adsorben yaitu kitosan (Kusumaningsih et al., 2012).

Kitosan merupakan senyawa turunan dari hasil proses deasetilasi kitin yang banyak terkandung di dalam hewan laut seperti udang dan kepiting (Handayani dkk., 2017). Kitosan dipilih sebagai material adsorben karena selektifitas dan kapasitas adsorpsi tinggi, biaya produksinya rendah dan tidak menghasilkan limbah baru (Chen & Huang, 2010). Penelitian aplikasi kitosan sebagai adsorben telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk adsorpsi Procion Red MX 8B, antara lain Kusumaningsih, dkk (2012) menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 19,03 mg/g dan pada penelitian Astuti (2007) menghasilkan

kapasitas adsorpsi sebesar 12,52 mg/g. Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan pada penelitian tersebut masih rendah. Selain itu, kitosan juga mempunyai kelemahan diantaranya dapat larut dalam suasana asam yang dapat menyebabkan menurunnya kemampuan adsorpsinya (Nurmasari dkk., 2018).

Upaya meningkatkan kinerja kitosan sebagai adsorben dapat dilakukan dengan modifikasi kitosan menggunakan metode ikat-silang. Kitosan dapat berikatan-silang dengan beberapa agen pengikat silang seperti tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH) (Nurmasari dkk., 2018). Modifikasi kitosan secara fisik dengan TPP berguna dalam pembentukan fisik kitosan menjadi butiran kitosan yang lebih kecil dan kaku untuk memperbesar kapasitas adsorpsi dan mempercepat kinetiknya dibandingkan kitosan tanpa modifikasi (Madjid dkk., 2015; Shu & Zhu, 2002). Modifikasi kitosan secara kimia juga dilakukan pengikatan silang dengan epiklorohidrin (ECH) untuk meningkatkan stabilitas kimia kitosan agar tidak larut dalam suasana asam (Laus dkk., 2010).

Penelitian Laus, dkk (2010) menggunakan kitosan terikat silang TPP dan ECH untuk mengadsorpsi Cu(II), Cd(II), dan Pb(II) menghasilkan kapasitas adsorpsi tinggi yaitu untuk logam Cu(II) sebesar 130,72 mg/g, logam Cd(II) sebesar 83,75 mg/g dan logam Pb(II) sebesar 166,94 mg/g. Nurmasari, dkk (2018) melakukan adsorpsi zat warna safranin O menggunakan kitosan-TPP menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 32,25 mg/g dan Zaenab (2018) menggunakan kitosan-ECH untuk mengadsorpsi safranin O menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 42,25 mg/g. Hal ini menunjukkan modifikasi kitosan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi zat warna dibandingkan kitosan tanpa modifikasi. Selain itu, penelitian Mardila, dkk. (2014) tentang kitosan terikat silang ECH untuk adsorpsi *methyl*

*orange* menghasilkan kapasitas adsorpsi 8,528 mg/g. Madjid, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang adsorpsi zat warna *methyl orange* menggunakan kitosan TPP-ECH dan diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 12,5 mg/g. Beberapa penelitian tersebut menunjukkan kapasitas adsorpsi kitosan-TPP-ECH yang diperoleh tinggi dan lebih besar dibandingkan kitosan-ECH saja.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja adsorben dalam mengadsorpsi senyawa targetnya, salah satunya adalah derajat keasaman (pH). Kondisi pH yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah akan menyebabkan adsorpsi kurang sempurna sehingga adsorpsi harus dilakukan pada pH optimal. Pada pH tinggi, karena pada kondisi basa akan terbentuk senyawa oksida dari unsur pengotor yang lebih besar yang dapat menutupi permukaan adsorben (Widjajanti dkk., 2005) Pada penelitian Kusumaningsih, dkk (2012), adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan EGDE-CTS dan PSF-EDGE-CTS dicapai kapasitas adsorpsi pada kondisi optimum pH 5 yaitu sebesar 40,69 mg/g. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Purwaningrum (2013) tentang adsorpsi Procion Red MX 8B oleh butiran kitosan, menyatakan bahwa adsorpsi maksimum terjadi pada pH 6 yaitu 2,20 mg dengan efektifitas daya serap sebesar 88,02 %.

Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi kitosan menggunakan tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH) sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna Procion Red MX 8B dalam larutan. Proses adsorpsi yang dilakukan menggunakan variasi konsentrasi ECH yaitu 1%, 2,5% dan 5% (v/v) karena ECH memiliki kelarutan dalam air yang rendah (6,6% pada suhu 20°C). Kemudian proses adsorpsi Procion Red MX 8B kitosan termodifikasi dengan berbagai konsentrasi, lalu dilakukan analisis menggunakan spektrofotometri UV-

Vis. Kondisi optimum kitosan termodifikasi ditentukan dengan variasi pH 3,4,5,6,7,8,dan 9.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B ?
2. Bagaimana pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B
2. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Pembuatan butiran kitosan menggunakan TPP 1% (b/v) dengan lama perendaman 3 jam
2. Waktu kontak adsorpsi menggunakan shaker kecepatan 100 rpm selama 3 jam
3. Variasi konsentrasi ECH 1%, 2,5% dan 5%
4. Optimasi pH dilakukan pada 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9

5. Analisis zat warna *Porcion Red* MX 8B menggunakan metode UV-Vis

### **1.5 Manfaat Penelitian**

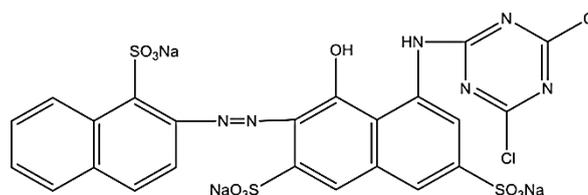
Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi mengenai pengolahan limbah zat warna secara efektif dan murah pada industri tekstil serta memberikan alternatif modifikasi kitosan menggunakan tripolifosfat dan epiklorohidrin sebagai adsorben limbah zat warna salah satunya Procion Red MX 8B.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Procion Red MX 8B

Zat warna Procion Red MX 8B adalah salah satu zat warna yang dimanfaatkan pada industri tekstil. Zat warna reaktif Procion Red MX 8B dapat mewarnai serat selulosa dalam kondisi asam dan membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa (Ismorningsih, 1982). Procion Red MX 8B memiliki nama dalam *colour index* yaitu *Reactive Red 11* atau dikenal dengan nama *Fuchsia*. Rumus molekulnya adalah  $C_{23}H_{11}Cl_2N_6Na_3O_{10}S_3$ . Nama IUPAC trisodium;5-[(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino]-4-hydroxy-3-[(4sulfonatophthalenyl)di-azenylnaphthalene-2,7-disulfonate. Zat warna ini berbentuk serbuk dengan berat molekul 767,4 g/mol. Zat warna ini merupakan kelompok azo, karena memiliki gugus kromofor azo (-N=N-) yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Zat warna ini merupakan zat warna reaktif golongan diklorotriazine yang dapat mengalami reaksi substitusi dengan serat kain dan membentuk ikatan ester yang memiliki reaktivitas tertinggi dibandingkan dengan zat warna golongan azo lainnya (Handayani dkk., 2017). Zat warna ini termasuk zat warna reaktif dingin dan larut dalam air (70g/L) (Setyoningsih, 2010).



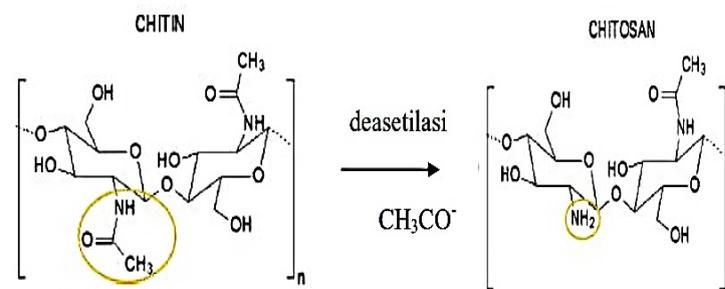
Gambar 2. 1 Struktur zat warna Procion Red MX 8B (Setyoningsih, 2010)

Limbah dari zat warna tekstil merupakan salah satu pencemar organik yang bersifat *non-biodegradable* dan toksik. Berdasarkan Kraftkolour (2017) golongan zat warna reaktif dingin memiliki toksisitas oral  $LD_{50} > 2000$  mg/kg BB (rat) dan pada ikan  $LC_{50} > 60$ mg/L . Keberadaan zat warna azo dalam perairan dapat menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air yang akan mengganggu aktivitas fotosintesis mikroalga. Hal tersebut menyebabkan pasokan oksigen dalam air menjadi berkurang dan memicu aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan produk dengan bau tidak sedap. Limbah tekstil cair memiliki warna yang pekat dan umumnya berasal dari sisa-sisa zat warna yang merupakan suatu senyawa kompleks aromatik yang sulit terdegradasi karena strukturnya yang stabil. Limbah zat warna ini menghasilkan senyawa amina aromatik melalui perombakan zat warna azo secara anaerobik yang bersifat lebih toksik dibandingkan zat warna azo itu sendiri bagi makhluk hidup disekitarnya jika lepas di perairan bebas dalam kadar yang melampaui batas, oleh karena itu pelepasan limbahnya harus dikontrol (Kusumaningsih dkk., 2012).

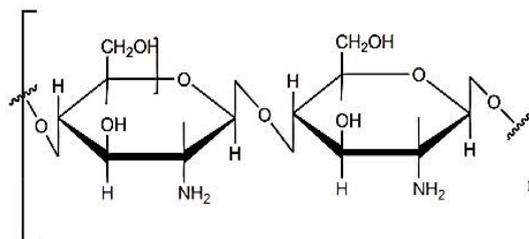
## **2.2 Kitosan dan Modifikasinya sebagai Adsorben**

Adsorben adalah zat penjerap dalam proses adsorpsi. Adsorben yang baik yaitu bersifat tidak beracun, tidak larut dalam zat yang akan diserap, daya serap besar, dan berpori besar (Laus et al., 2010). Adsorben alami yang dapat digunakan dalam adsorpsi yaitu kitosan. Kitosan adalah senyawa poliaminosakarida yang berasal dari deasetilasi kitin dan merupakan biopolimer kedua terbesar yang terdapat di alam setelah selulosa. Kitosan dibentuk dari D-glukosamina dan *N*-asetil-D-glukosamin terikat dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik dengan rumus molekul

$C_6H_{11}NO_4$  (Lin, 2007). Kitin paling banyak didapatkan dari kulit kepiting yang mengandung protein, karotein dan kalsium karbonat. Udang, kepiting dan lobster mengandung sumber utama kitin sebesar 15-20% (Lusiana dkk., 2017). Kitin murni mengandung gugus asetamida ( $NHCOCH_3$ ), sedangkan kitosan murni mengandung gugus amino ( $NH_2$ ). Adanya perbedaan gugus tersebut mempengaruhi sifat kimia kitin dan kitosan. Perubahan struktur kitin menjadi kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan struktur kitosan dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 2 Perubahan struktur kitin menjadi kitosan (Muxika dkk., 2017)

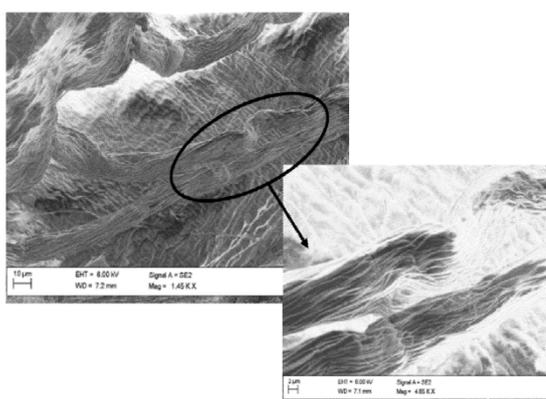


Gambar 2. 3 Struktur Kitosan (Zukhriyah, 2020)

Kitosan merupakan padatan amorf berwarna putih kekuningan yang tidak larut dalam alkali dan asam mineral kecuali pada keadaan tertentu. Kelarutan kitosan paling baik dalam larutan asam asetat 1%, asam format 10% dan asam sitrat 10%. Kitosan tidak larut dalam pelarut air, kloroform dan aseton serta asam sulfat pada berbagai konsentrasi (Zukhriyah, 2020). Sebagian besar kitosan dapat

larut dalam larutan asam organik, seperti asam asetat, asam piruvat, asam formiat dengan pH sekitar 4. Kitosan bersifat tidak beracun, biodegradable, dapat diterima oleh tubuh, serta pembentuk film yang baik (Widodo dkk., 2019).

Pemanfaatannya sebagai adsorben, kitosan memiliki keunggulan yaitu jumlahnya melimpah, mudah diperoleh, biaya produksinya rendah, ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah baru, efektif pada konsentrasi ionik rendah (Lin, 2007). Penelitian Purwaningrum (2013) tentang adsorpsi *Procion Red* menggunakan kitosan menunjukkan kapasitas adsorpsi 2,452 mg/g, sedangkan adsorben lain seperti zeolite menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih rendah. Penelitian Agustina, *et al.* (2022) menunjukkan adsorpsi *Procion Red* menggunakan zeolite diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 0,124 mg/g. Kitosan memiliki gugus amina ( $-NH_2$ ) yang berperan efektif dalam penyerapan ion logam maupun zat warna. Selain itu, gugus hidroksil ( $-OH$ ) juga dapat berfungsi sebagai sisi interaksi koordinasi dan elektrostatik (Wu dkk., 2001).



Gambar 2. 4 Hasil SEM kitosan tanpa modifikasi (Marei et al., 2016).

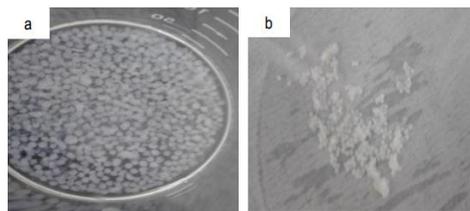
Di sisi lain, kitosan memiliki kelemahan yaitu sifat mekaniknya yang lemah, kurang stabil karena larut dalam kondisi asam, serta morfologi permukaan kitosan

yang dilihat dari hasil SEM pada Gambar 2.4 yang menunjukkan kitosan tanpa modifikasi berbentuk nanofiber teratur padat panjang dan lebar tanpa struktur pori yang dapat menyebabkan kapasitas adsorpsinya kurang optimal (Marei et al., 2016). Kelemahan tersebut dapat terlii dengan cara modifikasi kitosan, baik secara struktur maupun permukaan untuk meningkatkan stabilitasnya agar kinerja adsorpsi kitosan dapat lebih optimal (Tran dkk., 2013).

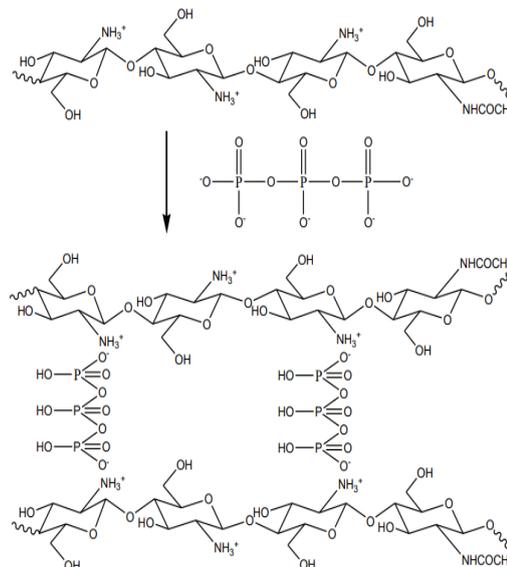
Modifikasi kitosan dapat dilakukan secara fisik maupun kimia untuk memperkecil ukuran partikel, memperluas permukaan kitosan dan meningkatkan stabilitas kimia kitosan. Modifikasi kitosan secara fisik dilakukan dengan konversi ke dalam bentuk yang lebih teratur berdasarkan hubungan dan aplikasi yang tepat untuk digunakan dari turunannya. Hasil modifikasi dapat digunakan dalam beberapa bentuk, antara lain serbuk, serpihan, dan gel (Miretzky & Cirelli, 2009). Kitosan serbuk setelah digunakan adsorpsi susah untuk dipisahkan dan digunakan kembali karena ukurannya yang sangat kecil (Liu et al. (2022).

Modifikasi fisik dapat dilakukan melalui pembentukan ikatan silang menggunakan senyawa Tripolifosfat (TPP) yang berperan dalam memperkuat matriks nanopartikel kitosan (Zukhriyah, 2020). Modifikasi kitosan dengan tripolifosfat akan menyebabkan kapasitas adsorpsi dengan membran kitosan tripolifosfat lebih besar dibandingkan dengan membran kitosan tanpa modifikasi. Semakin banyak ikatan silang yang terbentuk antara kitosan dan tripolifosfat akan meningkatkan kekuatan mekanik matriks kitosan sehingga partikel kitosan akan semakin sulit terpecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil maka partikel kitosan menjadi semakin keras dan kuat (Sugita dkk., 2009). Adanya ikatan secara

intramolekuler, TPP akan meningkatkan jumlah pori yang terbentuk (Madjid dkk, 2015) dan secara intermolekuler mengakibatkan struktur kitosan menjadi lebih *rigid* (kaku) dan membentuk butiran kitosan yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Madjid dkk., 2018). Butiran kitosan yang *rigid* (kaku) bertujuan untuk meminimalisir lepasnya kembali adsorbat dari adsorben (desorpsi). Penelitian Filipkowska, dkk (2016) tentang adsorpsi zat warna *Reactive Black 5* menunjukkan kapasitas adsorpsi menggunakan kitosan tanpa modifikasi sebesar 1125,7 mg dan kitosan terikat silang TPP sebesar 1152,7 mg/g. Reaksi yang terjadi antara kitosan dengan tripolifosfat dapat dilihat pada Gambar 2.5.

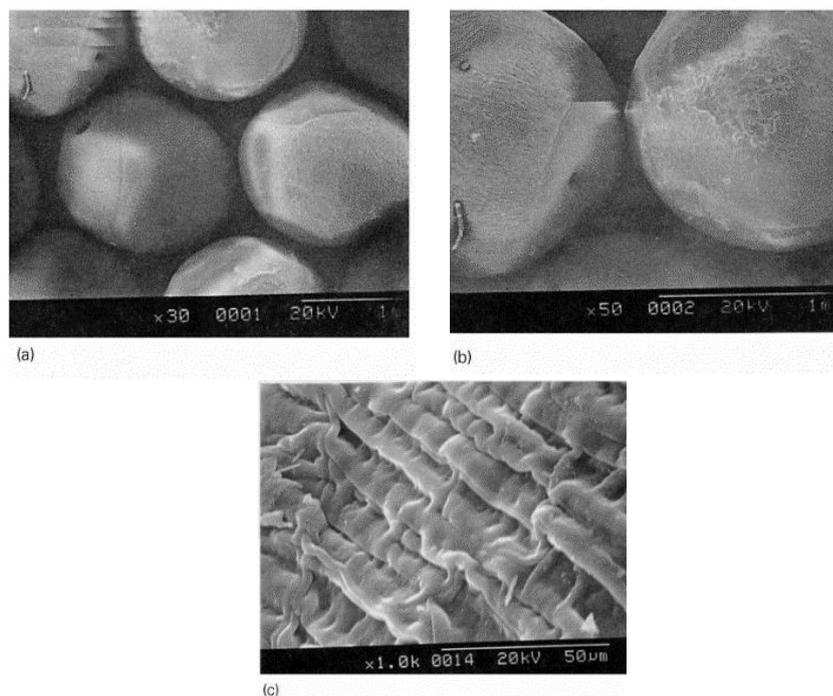


Gambar 2. 5 (a) Larutan kitosan membentuk butiran dalam larutan TPP (b) butiran kitosan setelah perendaman dalam TPP selama 3 jam dan telah disaring (Madjid, dkk., 2018)



Gambar 2. 6 Reaksi Kitosan dengan TPP (Madjid, dkk., 2018)

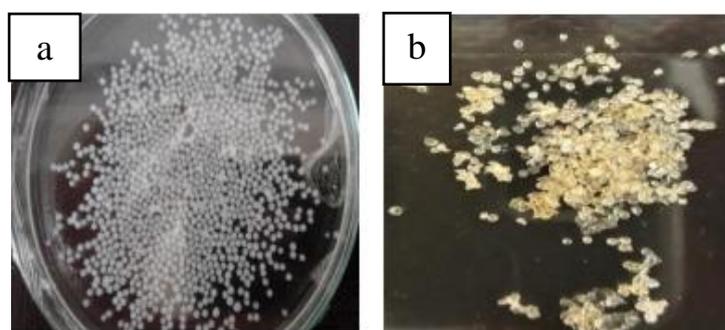
Kitosan terikat silang dengan TPP membentuk butiran kitosan dengan morfologi bulat halus dan memiliki kerapatan pori yang lebih besar dan jumlah pori meningkat. Morfologi halus tersebut mengindikasikan butiran kitosan menjadi lebih kaku (Sabarudin & Madjid, 2021). Penelitian Lee et al. (2001) menunjukkan pori yang terbentuk dari kitosan terikat silang TPP sebesar 1,5 mm dengan hasil SEM seperti pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2. 7 SEM butiran kitosan-TPP : (a) x30; (b) x50; (c) x1000 (Lee et al., 2001)

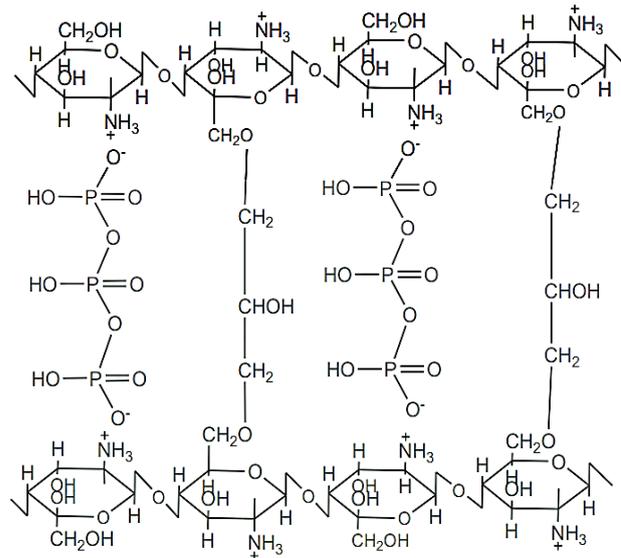
Modifikasi kitosan juga dapat dilakukan secara kimia tanpa mengubah struktur dasar kitosan, namun membawa derivatif baru agar sesuai dengan aplikasi yang akan digunakan. Kitosan dapat dimodifikasi kimia melalui tiga cara yaitu reaksi taut silang (*crosslinking*), reaksi cangkok (*grafting*), dan pemaduan (*blending*) (Lusiana dkk., 2016). Suatu agen pengikat silang digunakan pada butiran atau hidrogel terhadap kitosan untuk menghindari degradasi atau disolusi.

Agen pengikat silang yang dapat digunakan antara lain epiklorohidrin, formaldehid, glutaraldehid, asetaldehid dan asetat anhidrat. Epiklorohidrin (ECH) merupakan molekul organik yang sangat reaktif yang memiliki cincin oksiran beranggota tiga, dengan heteroatom oksigen dan klorin. ECH memiliki nama IUPAC 2-(Chloromethyl)oxirane dengan rumus molekul  $C_3H_5ClO$  (Stranges dkk., 2011). Penggunaan epiklorohidrin sebagai cross-linker memiliki keuntungan, yaitu tidak menghilangkan gugus amina pada kitosan (Mardila dkk., 2014).

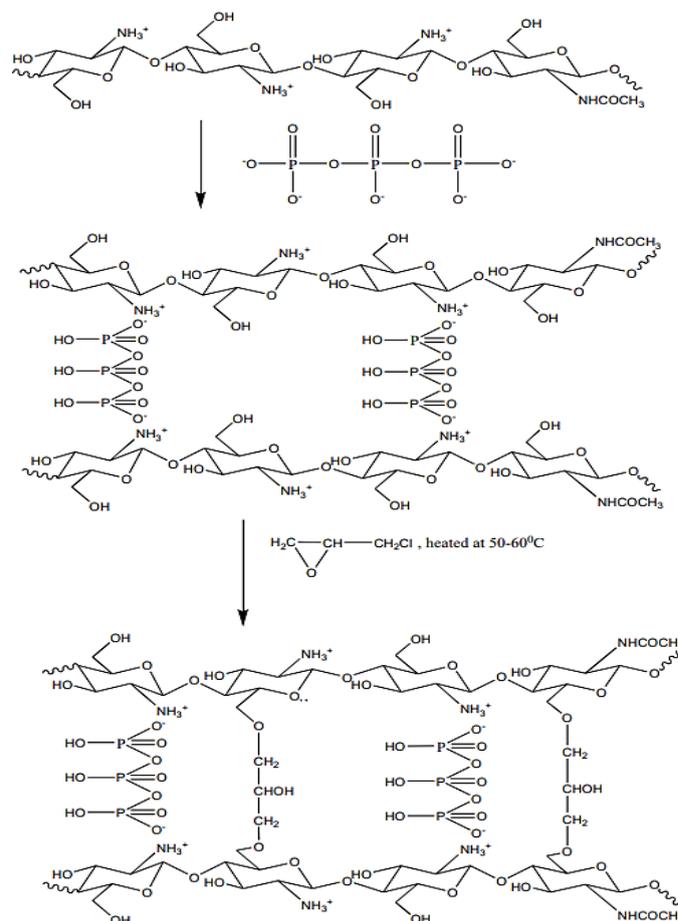


Gambar 2. 8 a) Butiran kitosan dalam ECH (b) butiran kitosan terikat silang ECH setelah dikeringkan (Madjid, dkk., 2018)

Kitosan yang terikat silang dengan tripolifosfat (TPP) akan membentuk ikatan silang ionik antara gugus amino kitosan yang bermuatan positif dan molekul tripolifosfat yang bermuatan negatif. Sedangkan ikatan silang dengan ECH akan membentuk ikatan kovalen dengan atom karbon dari gugus hidroksil kitosan sehingga cincin epoksida pecah dan kehilangan atom klor. ECH berikatan dengan gugus hidroksil (OH) pada kitosan. Waktu untuk pengikatan silang dilakukan selama 2 jam tetapi membutuhkan pemanasan pada suhu 50- 60°C. Struktur kitosan termodifikasi TPP dan ECH ditunjukkan pada Gambar 2.9 dan reaksi kitosan-TPP-ECH pada Gambar 2.10 berikut.



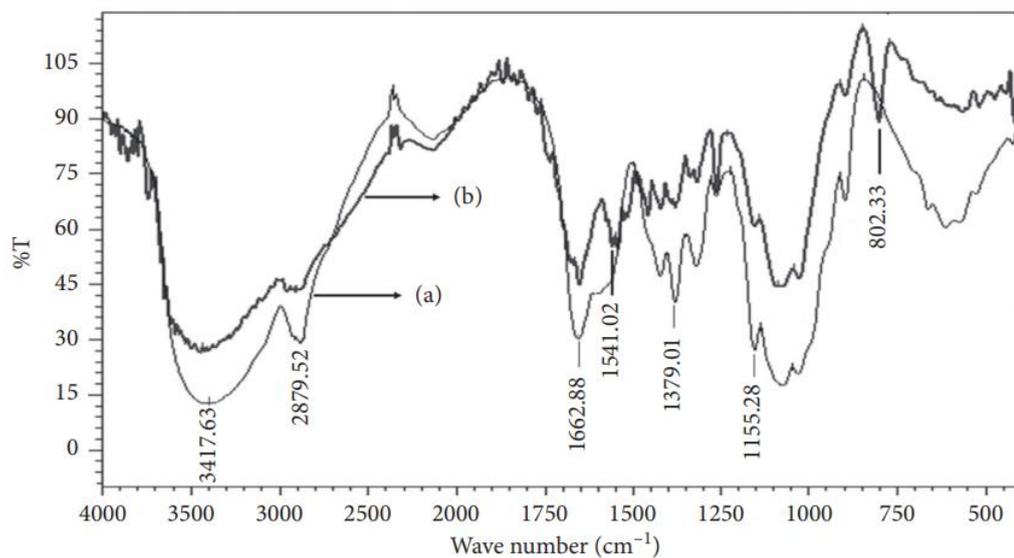
Gambar 2. 9 Struktur kitosan termodifikasi TPP dan ECH (Laus dkk., 2010)



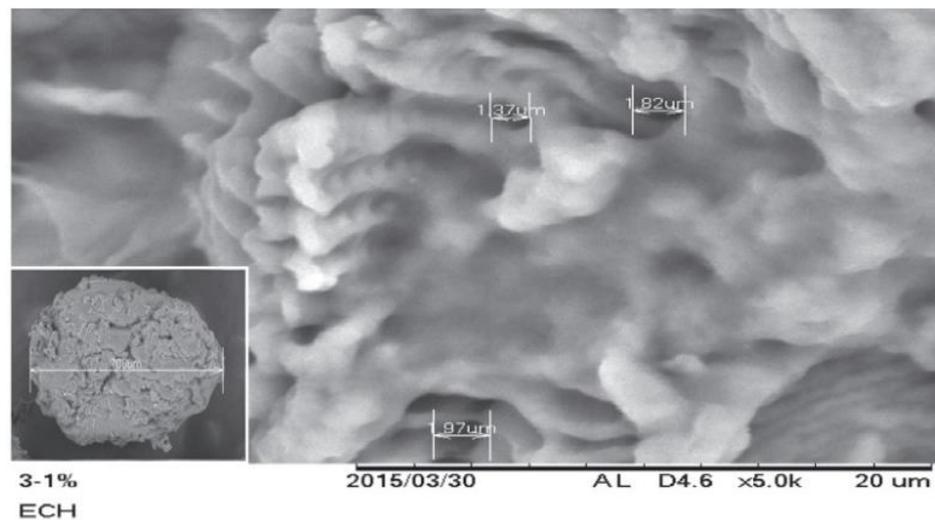
Gambar 2. 10 Reaksi butiran kitosan dengan ECH (A. Madjid dkk., 2018)

Modifikasi butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH pada reaksi Gambar 2.10 menunjukkan terjadinya penambahan gugus pada butiran kitosan. Reaksi

modifikasi yang berhasil dapat dilihat dari spektra IR pada Gambar 2.11 dengan membandingkan puncak antara butiran kitosan dan butiran kitosan yang telah dimodifikasi. Pada Gambar 2.11 ditemukan puncak pada bilangan gelombang  $3400\text{ cm}^{-1}$  dengan penurunan intensitas pada spektra b yang menunjukkan interaksi gugus OH- dalam kitosan dengan ECH. Adanya puncak pada  $1650\text{ cm}^{-1}$ ,  $1541\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1151\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya interaksi antara  $\text{NH}_2$  dari kitosan dan TPP (Sabarudin & Madjid, 2021).



Gambar 2. 11 Spektra FTIR kitosan dan butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH (Sabarudin & Madjid, 2021).



Gambar 2. 12 Gambar SEM ikat silang butiran kitosan dengan TPP 1% dan ECH (Sabarudin & Madjid, 2021).

Sabarudin, dkk (2021) menerangkan bahwa penambahan epiklorohidrin (ECH) dapat meningkatkan stabilitas kimia kitosan dalam suasana asam serta membentuk pori kitosan menjadi lebih besar sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsinya. Hal ini ditunjukkan dengan hasil SEM butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH pada Gambar 2.12. Pada penelitian Zaenab (2018) yang mengkaji adsorpsi *Safranin O* menggunakan butiran kitosan terikat silang ECH menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 45,25 mg/g. Kitosan termodifikasi ECH menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan pengikat silang lain. Hal ini disebabkan banyaknya kelompok epiklorohidrin (ECH) yang berikatan dengan -OH, akibatnya proses adsorpsi tidak terganggu (Chiou & Li, 2003).

## 2.3 Analisis Kapasitas Adsorpsi Procion Red MX 8B dengan Butiran

### Kitosan Termodifikasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Adsorpsi adalah suatu proses dimana molekul dalam fasa gas atau larutan terikat dalam permukaan. Molekul yang terikat di permukaan disebut adsorbat, sedangkan zat yang mengikat adsorbat disebut adsorben. Proses pengikatan molekul tersebut disebut adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang paling sering digunakan karena keefektifan, operasi mudah, biaya murah serta regenerasinya mudah (Priadi dkk., 2014)

Kemampuan adsorpsi dapat ditentukan dengan menghitung kapasitas adsorpsi menggunakan persamaan (Madjid dkk., 2015):

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times v}{m} \quad (2.1)$$

Dimana, Q merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g),  $C_0$  adalah konsentrasi awal Procion Red MX 8B (mg/L),  $C_e$  adalah konsentrasi Procion Red MX 8B setelah proses adsorpsi (mg/L), v adalah volume Procion Red MX 8B, dan m adalah massa adsorben (gram). Konsentrasi awal dan akhir Procion Red MX 8B ditentukan dengan kurva kalibrasi.

Besarnya kapasitas adsorpsi dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya modifikasi adsorben dan pH larutan. Kapasitas adsorpsi dari kitosan termodifikasi sebagai adsorben dapat dilihat pada Tabel 2.1. Derajat keasaman (pH) berpengaruh terhadap kemampuan kitosan dalam mengadsorpsi adsorbat. Hasil adsorpsi cenderung kurang sempurna pada pH tinggi, karena pada kondisi basa akan terbentuk senyawa oksida dari unsur pengotor yang lebih besar yang dapat menutupi permukaan adsorben (Widjajanti dkk., 2005). Nilai pH yang terlalu

rendah ( $\text{pH}$  larutan  $<$   $\text{pK}_a$  kitosan 6,5) akan meningkatkan perubahan gugus amina ( $\text{R-NH}_2$ ) menjadi  $\text{R-NH}_3^+$ . Pada  $\text{pH}$  yang terlalu tinggi ( $\text{pH}$  larutan  $>$   $\text{pK}_a$  kitosan 6,5) akan meningkatkan perubahan gugus amina ( $\text{R-NH}_2$ )  $\text{R-NH}_2\text{-OH}$  (Kurniasih dkk., 2014). Pada penelitian Purwaningrum (2013) menunjukkan bahwa kitosan cenderung menyerap procion merah pada  $\text{pH}$  asam yaitu pada  $\text{pH}$  6 memiliki kapasitas adsorpsi optimum sebesar 2,20 mg dengan efektifitas daya serap 88,02%. Hal ini disebabkan adanya atom N pada gugus amina kitosan tidak terdelokalisasi sehingga atom tersebut lebih bersifat elektronegatif dibandingkan atom N pada kitin yang menyerap procion merah pada  $\text{pH}$  basa. Penelitian Kusmaningsih (2012) menunjukkan bahwa pada  $\text{pH}$  di bawah 5 CTS tersebut larut karena pada dasarnya kitosan larut pada kondisi asam. Sedangkan untuk EGDE-CTS dan PSF-EGDE-CTS pada kondisi asam tidak larut karena telah mengalami pengikatansilang sehingga stabilitasnya pada kondisi asam meningkat.

Pengukuran adsorpsi Procion Red MX 8B dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang UV-Vis suatu senyawa bergantung pada mudahnya pergerakan elektron. Molekul-molekul yang memerlukan energi lebih banyak untuk perpindahan elektron akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya pada daerah *visible* merupakan senyawa berwarna yang mempunyai elektron yang lebih mudah dipindahkan daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) Procion Red MX 8B diukur pada rentang panjang gelombang 200-800 nm. Procion Red MX 8B memiliki panjang gelombang maksimum pada 540,0 nm

(Kusumaningsih dkk., 2012). Selanjutnya pengukuran absorbansi larutan zat warna Procion Red MX 8B pada panjang gelombang maksimum dilakukan untuk pembuatan kurva standar. Filtrat hasil adsorpsi kitosan-TPP-ECH terhadap Procion Red MX 8B dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Nilai absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menghitung konsentrasi Procion Red MX 8B yang tidak terserap di dalam filtrat menggunakan persamaan linier kurva kalibrasi. Selanjutnya kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan persamaan 2.1

Tabel 2.1 Kapasitas Adsorpsi Procion Red MX 8B dan Sampel Kitosan Termodifikasi dalam Literatur

No	Judul	Adsorben	Kapasitas Adsorpsi	Sumber
1.	Penggunaan Serat daun Nanas sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B	Serat daun nanas - pH 1 - waktu kontak 120 menit (2 jam) - limbah 20 mL	- serat daun nanas aktif 6,380 mg/g - serat daun nanas alam 4,968 mg/g	(Hastuti dkk., 2012)
2.	Adsorpsi Procion Merah Pada Limbah Cair Industri Songket Menggunakan Kitin Dan Kitosan	Kitin dan Kitosan - Kitosan : • Larutan standar procion merah 50 ppm • Massa 0,9 g • Waktu kontak 150 menit • pH 6	- Kitosan memiliki daya serap 2,20 mg - efektifitas daya serap 88,02 %.	(Purwani ngrum dkk., 2013)

Tabel 2.1 (lanjutan)

No	Judul	Adsorben	Kapasitas Adsorpsi	Sumber	
3.	Pengaruh penambahan Tripolyfifat pada KITOSAN Beads untuk adsorpsi methyl orange	Kitosan-TPP-ECH Variasi konsentrasi dan lama perendaman TPP	-Kitosan 0,02 g -TPP 10% - <i>Methyl orange</i> 20 ppm -Lama perendaman 12 jam -Waktu pengadukan 2 jam 100 rpm	12,5 mg/g (Madjid dkk., 2015)	
4.	Perbandingan Butiran KITOSAN dengan Pengikat Silang Epiklorohidrin (ECH) dan Glutaraldehyd (GLA): Karakterisasi dan Kemampuan Adsorpsi Timbal (Pb)	Kitosan-TPP-ECH	- ECH 5% -Larutan limbah logam laboratorium 25 ppm -Waktu kontak 1,5 jam - <i>Shaker</i> 100 rpm selama 2 jam	20 mg/g (Madjid dkk., 2018)	
5.	Pengolahan Limbah Zat warna Rhodamin B dengan Crosslink Kitosan Tripolifosfat	Kitosan-TPP 10% pH 4,3	-Rhodamin B 300 $\mu$ mol/L -pH 4,3 -waktu pengadukan 500 menit	- kapasitas adsorpsi sebesar 1,2563 $\mu$ mol/g. - daya serap sebesar 16,3 %.	(Setyanin g dkk., 2021)
6.	Pembuatan Mikrokapsul Kitosan Gel Tersambung Silang Etilen Glikol Diglisidil Eter sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B	PSF-EDGE-CTS	-Procion Red MX 8B 15 ppm -pH 5 -waktu kontak 24 jam	40,69 mg/g (Kusumaningsih dkk., 2012)	

Tabel 2.1 (lanjutan)

No	Judul	Adsorben	Kapasitas Adsorpsi	Sumber
7.	Pembuatan Kitosan Makropori Menggunakan Epichlorohydrin Sebagai Cross-Linker Dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Methyl Orange	Kitosan makropori (kitosan :ECH = 1:40)	-pH 7 -waktu kontak 60 menit	8,538 mg/g pH 7 (Mardila dkk., 2014)
8.	Adsorption behavior of reactive dye in aqueous solution on chemical cross-linked chitosan beads	Kitosan-TPP-ECH	-Kitosan 0,1 g -Dye RR 189 50 cm <sup>3</sup> -pH 3 -Dikocok 5 hari	-Kapasitas adsorpsi >1800 g/kg -Daya serap 69% dan 83% lebih tinggi dibandingkan dengan agen pengikat silang GLA dan EGDE (Chiou & Li, 2003)

## 2.4 Perspektif Islam dan Sains

Alam semesta beserta isinya seperti hewan dan tumbuh-tumbuhan merupakan kebesaran Allah SWT yang harus dijaga dan dimanfaatkan sebaik-baiknya. Allah berfirman di dalam SWT dalam Qs. Ali-Imran (3) ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ ۗ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا ۗ  
سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah SWT sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau ciptakan ini

*dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (QS. 3 : 191)*

Tafsir Al-Misbah volume 2 (2001 : 311) menyatakan makna firman-Nya: (بِاطِلًا هَذَا خَلَقْتُمَا رَبَّنَا) “Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia” bahwa ia adalah sebagai natijah dan kesimpulan upaya zikir dan pikir. Dapat juga dipahami zikir dan pikir itu mereka lakukan sambil membayangkan dalam benak mereka bahwa alam raya tidak diciptakan Allah sia-sia. Ayat diatas mendahulukan zikir atas piker dengan zikir mengingat Allah dan menyebut-nyebut nama keagungan-Nya, hati akan menjadi tenang, dan dengan ketenangan pikiran akan menjadi cerah, bahkan siap untuk memperoleh limpahan ilham dan bimbingan Ilahi (Shihab, 2001b).

Maka dari itu manusia menggunakan fikirannya dan menggambarkan keagungan Allah serta memikirkan kejadian-kejadian di bumi beserta rahasia-rahasia dan manfaat yang terkandung didalamnya. Allah benar-benar telah mengatur segala sesuatu dengan sempurna. Ayat di atas memberi hikmah bahwa segala hal yang Allah SWT ciptakan memiliki manfaat seperti kulit udang yang biasanya langsung dibuang dan dianggap sebagai limbah, ternyata mengandung kitin yang dapat diubah menjadi kitosan dan dimanfaatkan sebagai adsorben pengolahan limbah. Pada penelitian ini menggunakan serbuk kitosan (Sigma Aldrich) yang berasal dari cangkang udang dengan derajat deasetilasi  $\geq 75\%$ . Biosorben berupa kitosan tersebut dapat digunakan dalam adsorpsi limbah yang menyebabkan kerusakan lingkungan, salah satunya limbah zat warna indstri tekstil seperti Procion Red MX 8B. Proses adsorpsi tersebut sebagai salah satu upaya untuk menjaga keseimbangan lingkungan dengan menyerap dan menurunkan kadar zat warna Procion Red MX 8B dalam air. Hal ini membuktikan bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah di dunia tidak ada yang sia-sia, jika manusia mau untuk berfikir.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 10 Maret-10 Juni 2023 di Laboratorium Analitik Riset dan Laboratorium Layanan Analitik Proram Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat**

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800), neraca analitik, gelas arloji, beaker glass, batang pengaduk, spatula, pipet volume, pipet tetes, labu ukur, bola hisap, kertas saring, rak, tabung reaksi dan pH meter.

##### **3.2.2 Bahan**

Adapun bahan yang digunakan untuk penelitian, diantaranya zat warna Procion Red MX 8B, asam asetat, kitosan (*Sigma Aldrich*), kitosan, sodium tripolifosfat (TPP) (*Sigma Aldrich*), epiklorohidrin (ECH) 99% (*Sigma Aldrich*), aquabides, HCl dan NaOH.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah 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 Procion Red MX 8B
- 4) Pembuatan kurva standar Procion Red MX 8B
- 5) Adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan kitosan-TPP-ECH
- 6) Penentuan pH optimum adsorpsi Procion Red MX 8B
- 7) Analisis data kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan kitosan-TPP-ECH

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.4.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikat Silang TPP

Pembuatan butiran kitosan dilakukan dengan dibuat larutan kitosan 1% (b/v) terlebih dahulu dengan cara menimbang kitosan sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam 100 mL asam asetat 5% (v/v). Kemudian dimasukkan 5 mL larutan kitosan 1% (b/v) yang telah dibuat ke dalam syringe, lalu diteteskan pada 10 mL larutan TPP 1% (b/v) dan direndam selama 6 jam. Setelah itu, disaring kitosan untuk mendapatkan butiran kitosan (Madjid dkk, 2016).

#### 3.4.2 Modifikasi butiran kitosan dengan *epiklorohidrin* (ECH)

Modifikasi butiran kitosan terikat silang ECH dilakukan dengan cara direndam kitosan-TPP ke dalam 25 mL epiklorohidrin 1%, 2,5% dan 5% (v/v).

kemudian dioven pada suhu 55 °C selama 2 jam. Setelah itu, disaring dan diambil butiran kitosan terikat silang ECH. Kemudian dioven pada suhu 105°C (Madjid dkk., 2018).

### **3.4.3 Adsorpsi Procion Red MX 8B**

#### **3.4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Procion Red MX 8B**

Panjang gelombang maksimum Procion Red MX 8B ditentukan dengan dibuat larutan zat warna Procion Red MX 8B 50 ppm lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-600 nm (Hastuti dkk., 2012).

#### **3.4.3.2 Pembuatan Kurva Standar Procion Red MX 8B**

Penentuan kurva standar dilakukan dengan cara larutan Procion Red MX 8B disiapkan dengan variasi konsentrasi 10,20,30,40, 50 dan 60 ppm. Kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (hasil 3.4.3.1) (Kusumaningsih, 2012).

#### **3.4.3.3 Adsorpsi Procion Red MX 8B Menggunakan Kitosan-TPP-ECH**

Adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B dilakukan dengan metode *batch*. Kitosan *beads* sebanyak 0,02 gram ditambahkan ke dalam 50 mL larutan Procion Red MX 8B 50 ppm. Kemudian direndam selama 150 menit dan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 150 rpm, lalu disaring. Selanjutnya filtrat diambil dan ditentukan konsentrasi zat warna Procion Red MX 8B dengan mengukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang

maksimum. Diulangi perlakuan yang sama pada kitosan *beads* dengan konsentrasi ECH yang berbeda. Dilakukan perlakuan secara *triplo*.

#### **3.4.3.4 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Procion Red MX 8B**

Optimasi pH adsorpsi Procion Red MX 8B dilakukan dengan cara menambahkan butiran kitosan sebanyak 0,02 gram ke dalam labu ukur 50 mL larutan Procion Red MX 8B 50 ppm. Dibuat variasi pH 3,4,5,6,7,8, dan 9 menggunakan larutan NaOH untuk pH 8 dan 9 serta HCl untuk pH 3,4, 5 dan 6. Kemudian direndam selama 2 jam dan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 150 rpm, lalu disaring. Selanjutnya filtrat diambil dan ditentukan konsentrasi zat warna Procion Red MX 8B dengan mengukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Dilakukan perlakuan secara *triplo*. pH optimum diperoleh jika konsentrasi zat warna terserap paling besar.

#### **3.4.4 Analisis Data Jumlah Procion Red MX 8B yang Teradsorpsi**

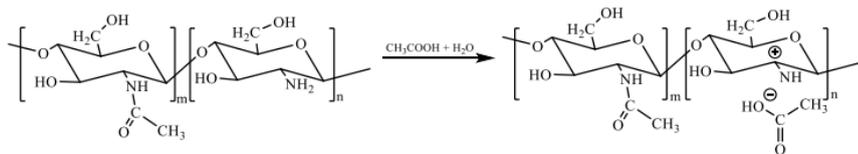
Hasil adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B dapat dihitung kadarnya melalui data absorbansi masing-masing sampel. Konsentrasi zat warna dihitung melalui persamaan linier dari hasil kurva standar ( $y = ax+b$ ). Kemudian dimasukkan data tersebut ke dalam rumus kapasitas adsorpsi untuk mengetahui kinerja adsorpsi butiran kitosan terikat silang ECH terhadap Procion Red MX 8B. Dicatat hasilnya dan dibuat grafik untuk mengetahui kapasitas adsorpsi optimum.

**BAB IV**  
**PEMBAHASAN**

**4.1 Pembuatan Butiran Kitosan sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B**

Tahap pertama pembuatan adsorben berupa butiran kitosan yaitu dilakukan ikat silang kitosan dengan tripolifosfat (TPP). Tahap ini diawali dengan melarutkan serbuk kitosan ke dalam asam asetat 5% kemudian diaduk hingga tidak terdapat gumpalan dan didiamkan selama 24 jam yang bertujuan untuk memastikan kitosan larut dalam asam asetat secara sempurna. Asam asetat sebagai pelarut kitosan karena kitosan kelarutannya yang tinggi dalam asam lemah dan tidak larut dalam pH netral, basa kuat maupun asam sulfat (Zukhriyah, 2020).

Kitosan gel yang dihasilkan terbentuk melalui reaksi protonasi dari gugus amino bebas (-NH<sub>2</sub>) menjadi amino kationik (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) seperti pada Persamaan 4.1 dan Gambar 4.1. Peristiwa ini terjadi akibat adanya penambahan H<sup>+</sup> dari gugus karbonil asam asetat terhadap gugus amina kitosan (Kurniasih et al., 2014). Adanya gugus kationik dapat meningkatkan interaksi ionik antara kitosan dengan zat warna Procion Red MX 8B yang bersifat anionik. Pelarutan kitosan dalam asam asetat menghasilkan larutan kitosan yang kental dan berwarna bening kekuningan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Reaksi protonasi serbuk kitosan dengan asam asetat 5% (Zukhriyah, 2020).



Gambar 4. 2 Kitosan gel

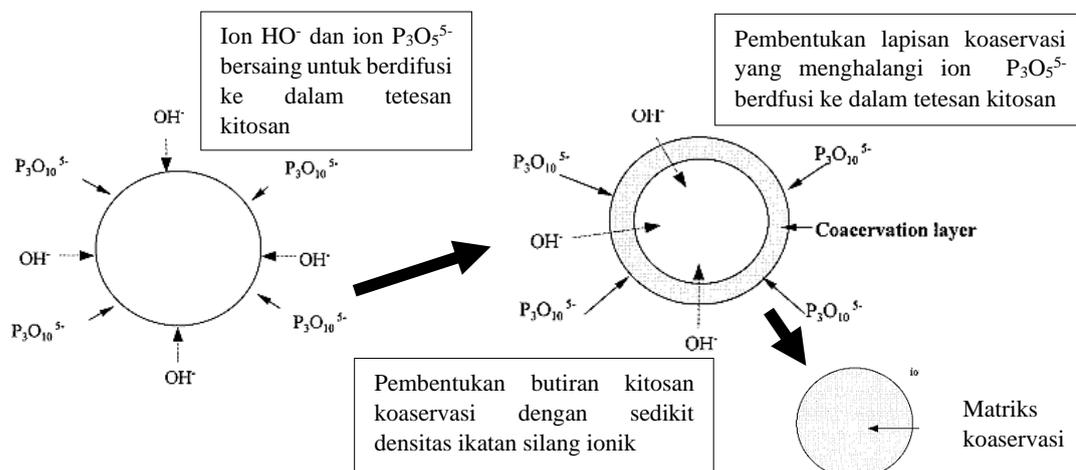
Selanjutnya, kitosan gel diteteskan ke dalam larutan tripolifosfat (TPP) 1% menggunakan *syringe*. Penetasan dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi kerusakan pada butiran gel. Setelah terbentuk butiran-butiran gel, kemudian didiamkan dengan lama perendaman selama 6 jam. Reaksi yang terjadi antara kitosan dengan TPP dapat dilihat pada Gambar 2.6. Reaksi antara kitosan dengan TPP tidak terjadi ikatan kimia melainkan terjadi secara fisika dan hanya berupa ikatan elektrostatik (Madjid et al., 2018). Interaksi antara kitosan gel dan ion tripolifosfat akan menghasilkan butiran-butiran kitosan yang kaku seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Butiran kitosan-TPP

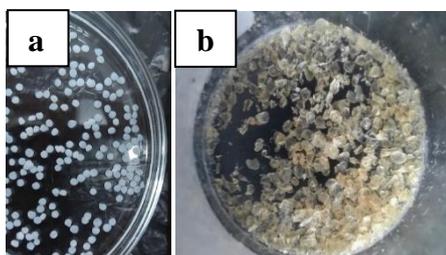
Gambar 4.3 menunjukkan hasil interaksi secara intramolekul dari tripolisfosfat yang menyebabkan butiran kitosan semakin kaku. Kitosan gel yang direaksikan dengan TPP akan membentuk interaksi ionik membentuk ikatan ionik berupa gugus amina kationik ( $-\text{NH}_3^+$ ) yang berinteraksi dengan gugus anionik ( $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ ) yang jumlahnya tinggi dalam larutan TPP (Lusiana et al., 2016). Selain ion  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ , larutan tripolifosfat memiliki pH basa sehingga jumlah ion

hidroksilnya tinggi. Ion  $P_3O_{10}^{5-}$  dan  $HO^-$  akan bersaing secara ionik untuk berikatan dengan gugus  $NH_3^+$  pada kitosan setelah tetesan kitosan mengenai larutan TPP. Ion hidroksil ( $HO^-$ ) memiliki ukuran ion yang lebih kecil dibandingkan ion  $P_3O_{10}^{5-}$  yang menyebabkan  $HO^-$  lebih mudah berdifusi ke dalam tetesan kitosan. Sedangkan ion  $P_3O_{10}^{5-}$  tertahan di luar tetesan kitosan dan berinteraksi secara ionik dengan gugus  $NH_3^+$  kitosan. Peristiwa tersebut menyebabkan terbentuknya lapisan gelasi ionik (*coacervation layer*). Seiring berjalannya waktu perendaman, ion  $P_3O_{10}^{5-}$  akan berdifusi ke dalam tetesan kitosan yang menghasilkan butiran kitosan koaservasi disertai dengan densitas ikatan silang ionik yang sedikit (Mi et al., 1999). Butiran kitosan yang kaku akan semakin turun ke dasar larutan tripolifosfat disebabkan butiran yang terbentuk memiliki berat molekul yang lebih besar (Bangun et al., 2018). Mekanisme pembentukan kitosan-TPP pada struktur ditunjukkan pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Mekanisme *in-liquid* pembentukan koaservasi kitosan terikat silang tripolifosfat (Mi et al., 1999).

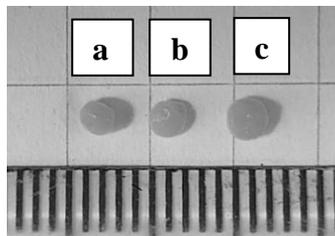
Selanjutnya, butiran kitosan yang telah direndam selama 6 jam disaring hingga butiran kitosan terpisah dari sisa larutan TPP. Kemudian dilakukan modifikasi secara kimia dengan ikat silang menggunakan epiklorohidrin (ECH). Butiran kitosan dimasukkan ke dalam larutan ECH dan direndam selama 2 jam di dalam oven dengan suhu  $55^{\circ}\text{C}$  untuk mereaksikan butiran kitosan dengan ECH. Hasil butiran kitosan-TPP yang telah terikat silang dengan ECH ditunjukkan pada Gambar 4.5a yaitu terbentuk butiran berwarna putih dan lebih kaku. Setelah itu, butiran kitosan terikat silang ECH disaring, lalu dicuci menggunakan akuades berulang kali secara perlahan yang bertujuan untuk memastikan sisa larutan ECH sudah hilang. Kemudian masing-masing-masing butiran kitosan yang masih basah dipisahkan agar tidak menggumpal lalu dioven kembali pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$ . Pengovenan ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air dalam butiran kitosan. Jika proses pengikatan silang tidak maksimal maka bentuk butiran tidak dapat dipertahankan dan berubah menjadi menjadi flake (Madjid, et al., 2015). Namun, hal tersebut tidak terjadi pada butiran kitosan-ECH sehingga terbentuk butiran kitosan kering yang akan digunakan sebagai adsorben seperti pada Gambar 4.5b



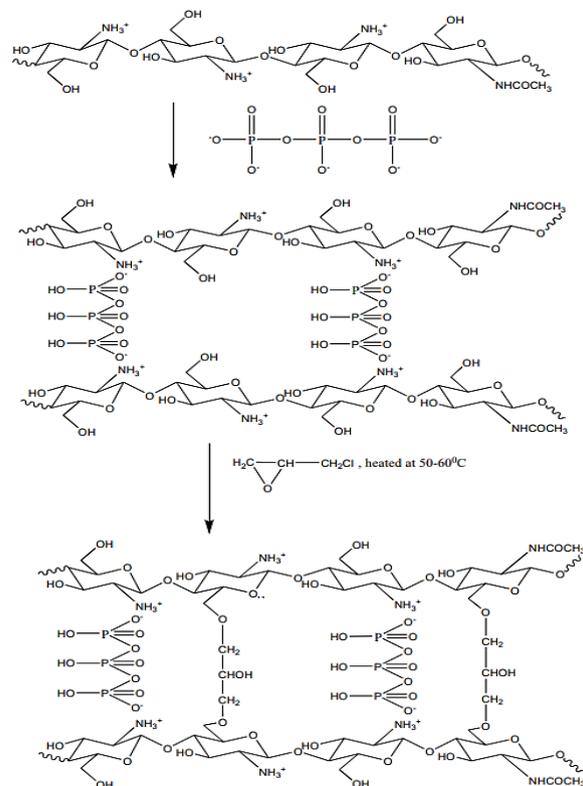
Gambar 4. 5 Butiran kitosan-TPP-ECH (a) basah dan (b) kering

Ikatan silang yang terjadi antara butiran kitosan dengan epiklorohidrin (ECH) merupakan ikat silang kovalen dengan gugus hidroksil kitosan. Ikat silang kovalen menyebabkan ikatan yang kuat yang dapat memperbaiki stabilitas kitosan

sehingga butiran memiliki ketahanan fisik terhadap asam karena kelemahan kitosan yang bersifat mudah larut dalam asam. Tahap ikat silang ECH dengan butiran kitosan-TPP diawali dengan pembukaan cincin epoksi dan terlepasnya atom Cl pada ECH. Kemudian atom C pada cincin epoksi ECH akan berikatan dengan gugus -OH pada kitosan. Hasil ikat silang butiran kitosan-TPP dengan variasi ECH dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan reaksi ikat silang dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4. 6 Butiran kitosan terikat silang ECH : (a) 5%, (b) 2,5% dan (c) 1%

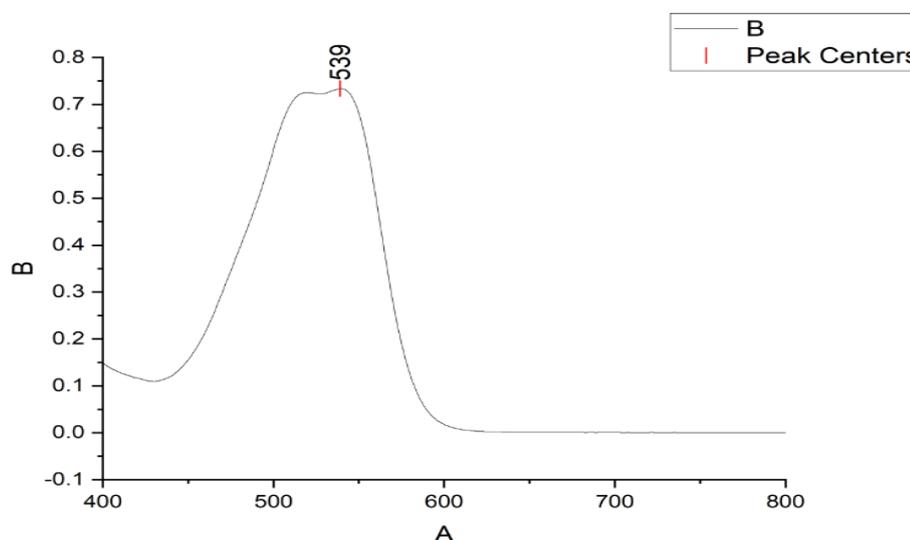


Gambar 4. 7 Reaksi ikat silang butiran kitosan dengan ECH (Caje dkk, 2017)

## 4.2 Analisis Procion Red MX 8B Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

### 4.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{max}$ )

Panjang gelombang maksimum zat warna Procion Red MX 8B dilakukan untuk mengetahui serapan optimum zat warna yang dilihat melalui nilai absorbansi tertinggi. Panjang gelombang maksimum diukur menggunakan spektrofotometer *visible* dikarenakan zat warna Procion Red MX 8B 50 ppm sebagai sampel uji merupakan zat warna memiliki warna yang dapat diidentifikasi oleh mata akibat adanya gugus kromofor azo dapat menyerap sinar dengan kuat di daerah *visible* (400-800 nm). Berdasarkan hasil penelitian, panjang gelombang maksimum Procion Red MX 8B yaitu 539 nm seperti pada Gambar 4.8 berikut.



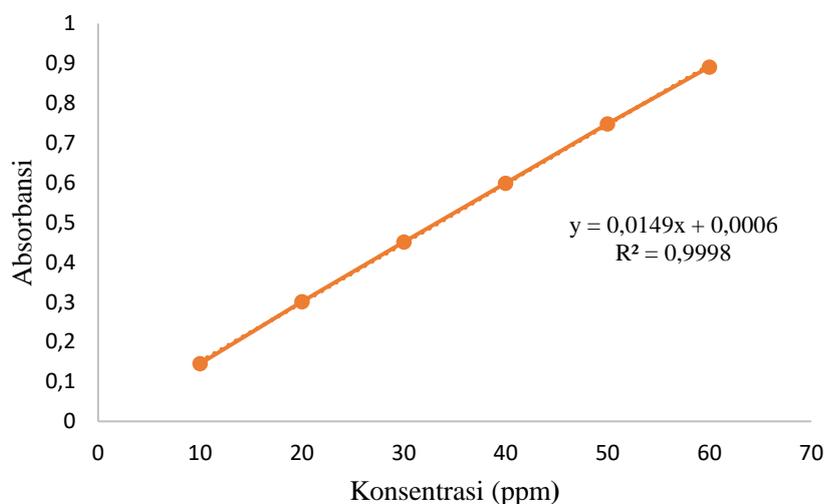
Gambar 4. 8 Panjang gelombang maksimum Procion Red MX 8B

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa terdapat dua puncak pada spektra *visible* larutan Procion Red MX 8B. Panjang gelombang maksimum dengan serapan terkuat diperoleh pada daerah 539 nm. Hal ini menandakan bahwa adanya gugus kromofor azo pada Procion Red MX 8B dengan transisi  $n-\pi^*$  (C=C) dan  $\pi-\pi^*$  (N=N). Serapan rendah pada puncak yang lain mengindikasikan adanya transisi  $\pi-$

$\pi^*$  yang berasal dari cincin aromatik pada struktur Procion Red MX 8B (Madan, 2012).

#### 4.2.2 Pembuatan Kurva Standar

Pembuatan kurva standar dilakukan untuk membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi Procion Red MX 8B. Variasi konsentrasi Procion Red MX 8B yang digunakan yaitu 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 ppm. Variasi konsentrasi tersebut diukur masing-masing absorbansinya menggunakan spektrofotometer *visible* pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh dari tahapan sebelumnya yaitu 539 nm. Absorbansi dari masing-masing variasi konsentrasi diplotkan pada kurva (Gambar 4.9).



Gambar 4. 9 Kurva standar Procion Red MX 8B

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Procion Red MX 8B maka nilai absorbansi yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi (Hardjono, 2019). Kurva standar Procion Red MX 8B (Gambar 4.8) menghasilkan persamaan regresi linier yaitu  $y = 0,0149x + 0,0006$  dengan nilai

koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 0,9998. Persamaan regresi linier digunakan untuk menentukan konsentrasi Procion Red MX 8B sebelum dan sesudah adsorpsi pada tahap berikutnya.

### **4.3 Kemampuan Butiran Kitosan dalam Mengadsorpsi Procion Red MX 8B**

#### **4.3.1 Pengaruh Konsentrasi ECH terhadap Adsorpsi Procion Red MX 8B**

Adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan terikat silang ECH yang telah dipreparasi dan dijelaskan pada subbab 4.1. Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi ECH yaitu 1%; 2,5%; dan 5% dengan tiga kali perulangan (*triplo*). Variasi konsentrasi ECH dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum butiran kitosan-ECH dalam mengadsorpsi Procion Red MX 8B. Adsorpsi dilakukan menggunakan metode *batch* yakni metode adsorpsi yang mencampurkan adsorben pada larutan adsorbat dengan jumlah tetap dan diamati perubahannya pada selang waktu tertentu (Kristianingrum et al., 2020). Adsorben butiran kitosan-TPP-ECH dimasukkan ke dalam larutan Procion Red MX 8B 50 ppm. Proses adsorpsi menggunakan *shaker* untuk membantu penyebaran butiran kitosan pada adsorbat dalam wadah sehingga mengoptimalkan pengadsorpsian zat warna.

Tabel 4. 1 Kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B berdasarkan variasi konsentrasi epiklorohidrin (ECH)

Konsentrasi ECH	Ulangan	Kapasitas Adsorpsi, Qe (mg/g)	Qe rata-rata $\pm$ Std
0%	1	50,792	52,171 $\pm$ 1,360 <sup>b*</sup>
	2	52,201	
	3	53,521	
1%	1	53,859	55,341 $\pm$ 1,284 <sup>a</sup>
	2	56,124	
	3	56,040	
2,5%	1	57,970	57,103 $\pm$ 1,284 <sup>a</sup>
	2	58,054	
	3	55,285	
5%	1	56,795	57,634 $\pm$ 0,769 <sup>a</sup>
	2	57,802	
	3	58,305	

Keterangan:

Notasi yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata, dengan P value

\*Rahmaningrum, E.M (2023)

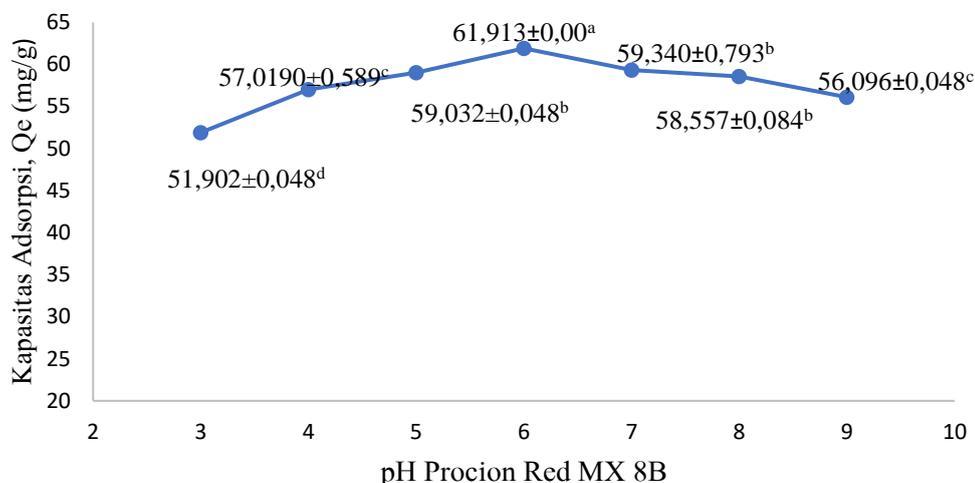
Berdasarkan hasil pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan terikat silang ECH menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih baik daripada butiran kitosan tanpa ECH dengan kapasitas adsorpsi tertinggi terdapat pada konsentrasi ECH 5%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ECH akan meningkatkan jumlah kapasitas adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B. Peningkatan kapasitas adsorpsi seiring meningkatnya konsentrasi ECH dikarenakan ukuran butiran kitosan terikat silang ECH yang semakin kecil ketika konsentrasi ECH semakin besar seperti pada Gambar 4.6.

Berdasarkan hasil uji *One Way ANOVA* menunjukkan nilai signifikansi (*p-value*)  $<0,05$  yang berarti bahwa variasi konsentrasi ECH berpengaruh pada kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B. Kapasitas adsorpsi konsentrasi ECH 0% memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan konsentrasi ECH 1%; 2,5%; dan

5%. Namun, pada variasi ECH 1%; 2,5%; dan 5% tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kapasitas adsorpsi yang dihasilkan. Hal ini diduga disebabkan karena konsentrasi ECH yang semakin besar akan memperbanyak ikatan ECH dengan gugus OH kitosan dan kerapatan molekul kitosan menjadi meningkat sehingga butiran kitosan semakin kecil dan lebih kaku dibandingkan butiran kitosan tanpa terikat silang dengan ECH (Syauqiah et al., 2011). Semakin rapat dan semakin kaku adsorben yang telah dapat mempersulit proses difusi zat warna ke dalam adsorben. Oleh karena itu, pengikatan silang butiran kitosan dengan ECH untuk adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B yang lebih efisien dan ekonomis yaitu dengan menggunakan konsentrasi ECH 1%.

#### **4.3.2 Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Procion Red MX 8B**

Penentuan pH optimum bertujuan untuk mengetahui dimana adsorben dapat menyerap zat warna Procion Red MX 8B secara maksimum. Penentuan pH optimum dilakukan dengan mengkondisikan pH awal larutan Procion Red MX 8B 50 ppm dengan variasi pH 3,4, 5, 6, 7, 8 dan 9 dengan tiga kali perulangan (*triplo*). Variasi pH tersebut diperoleh melalui penambahan HCl dan NaOH ke dalam larutan Procion Red MX 8B 50 ppm. Pengkondisian pH dilakukan sebelum butiran kitosan-ECH dimasukkan ke dalam wadah berisi larutan adsorbat. Penambahan larutan asam atau basa dilakukan secara perlahan dan pengukuran pH dilakukan dengan bantuan pH meter.



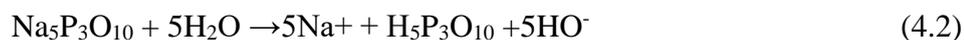
Gambar 4. 10 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan-ECH 1%

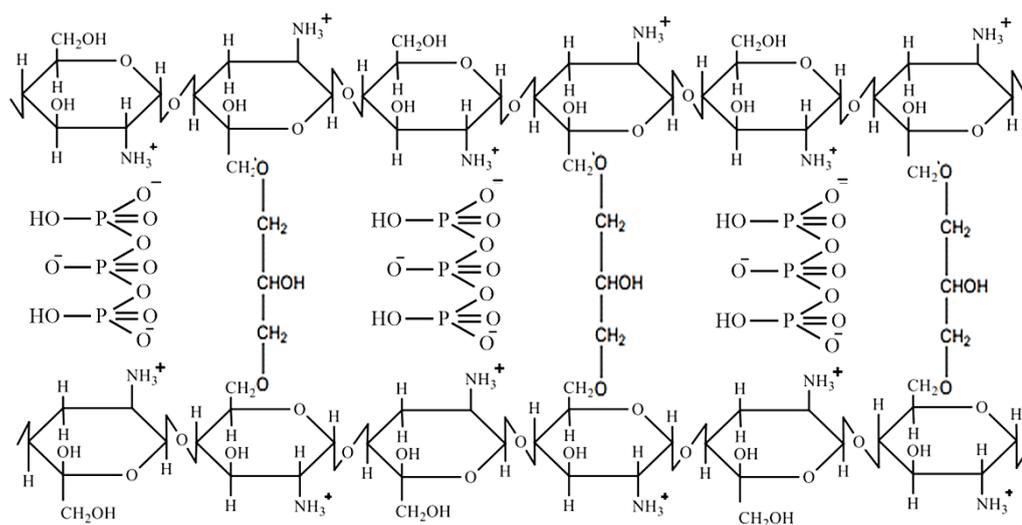
Gambar 4.10 menunjukkan adanya peningkatan kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) pada pH 5, 6, 7, 8, 9 dibandingkan nilai  $Q_e$  tanpa pengkondisian pH. Pengaruh pH larutan Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH menunjukkan kapasitas adsorpsi terbesar pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa butiran kitosan termodifikasi mampu menyerap secara maksimum pada pH asam dibandingkan pH basa. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Purwaningrum (2013) bahwa kitosan cenderung menyerap zat warna procion merah pada pH asam, dimana pH 6 menghasilkan nilai kapasitas adsorpsi tertinggi.

Berdasarkan uji *One Way ANOVA* diperoleh nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,000 ( $<0,05$ ) yang berarti bahwa pengkondisian larutan adsorbat pada berbagai pH berpengaruh nyata pada kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B. Pada rentang pH asam maupun basa memiliki pengaruh yang signifikan, dimana pH 6 memiliki nilai  $Q_e$  tertinggi dan dampak yang berbeda nyata dibandingkan

keseluruhan pH. Pada pH 3 merupakan pH dengan nilai kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) terendah, kemudian pada pH 4 hingga pH 6 mengalami peningkatan nilai  $Q_e$  secara signifikan. Setelah itu terjadi penurunan yang signifikan pada pH 7, 8 dan 9.

Kemampuan adsorpsi butiran kitosan dalam menyerap zat warna anionik akan meningkat pada suasana asam karena permukaan adsorben cenderung elektropositif sehingga anion pada gugus aktif zat warna lebih mudah tertarik ke permukaan adsorben (Wahyuningsih et al., 2018). Namun, pada penelitian ini terjadi penurunan nilai kapasitas adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B pada pH asam dan kapasitas adsorpsi terendah terdapat pada pH 3. Kondisi ini diduga dapat terjadi karena adanya peran TPP dalam difusi adsorpsi. TPP memiliki tingkat ionisasi rendah karena nilai pKa-nya ( $pK_1 = 1$ ,  $pK_2 = 2$ ,  $pK_3 = 2.79$ ,  $pK_4 = 6.47$ , dan  $pK_5 = 9.24$ ) yang mana ion tripolifosfat berasal dari ionisasi asam polisfosfat ( $H_5P_3O_{10}$ ) seperti pada reaksi berikut (Laus et al., 2010) :





Gambar 4. 11 Reaksi kitosan-TPP-ECH dalam larutan zat warna pada pH 3

Berdasarkan persamaan 4.5, TPP ada dalam bentuk  $\text{H}_2\text{P}_3\text{O}_{10}^{3-}$  pada pH 3, dimana dua muatan negatif berinteraksi dengan kitosan terprotonasi sedangkan sisanya dapat bereaksi dengan zat warna bermuatan positif seperti pada Gambar 4.11. Namun, zat warna Procion Red MX 8B merupakan zat warna anionik yang gugus aktifnya bermuatan negatif sehingga tolakan antara muatan negatif zat warna dengan muatan negatif TPP. Kondisi ini dapat mengganggu proses adsorpsi zat warna yang menyebabkan pada pH tersebut menghasilkan kapasitas adsorpsi terendah (Jafari et al., 2020; Mi et al., 1999; Sabarudin & Madjid, 2021). Selanjutnya, pada pH di atas 6 yang semakin basa terjadi penurunan nilai  $Q_e$  dikarenakan konsentrasi  $\text{H}^+$  akan menurun dan meningkatnya konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang menyebabkan adanya tolakan antara muatan yang bersifat elektronegatif yaitu gugus sulfonat ( $\text{SO}_3^-$ ) pada zat warna Procion Red MX 8B dengan permukaan adsorben butiran kitosan yang bermuatan negatif akibat gugus hidroksil ( $\text{OH}$ ) yang lebih banyak dibandingkan  $\text{H}^+$ . Hal ini sesuai dengan Kusumaningrum, dkk. (2012)

yang menyatakan bahwa pada kondisi basa terjadi penurunan kemampuan adsorpsi yang disebabkan oleh berkurangnya gugus amina dari kitosan yang terprotonasi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi butiran kitosan menggunakan agen pengikat silang tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidrin (ECH) serta pengkondisian larutan zat warna pada pH tertentu mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang menunjukkan bahwa butiran kitosan-TPP-ECH memiliki nilai kapasitas adsorpsi tertinggi dibandingkan kitosan pada penelitian terdahulu.

Tabel 4. 2 Kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B pada penelitian sebelumnya menggunakan kitosan

Adsorben	pH	Qe (mg/g)	Sumber
Butiran K-TPP-ECH	6	61,913 mg/g	Penelitian ini
Butiran K-TPP	6	61,708 mg/g	(Rahmaningrum, E.M, 2023)
Kitosan	6	2,20 mg/g	(Purwaningrum et al., 2013)

#### 4.4 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Allah SWT telah memberikan amanah kepada manusia untuk menjaga kelestarian lingkungan agar keseimbangan alam tetap terjaga dan Allah SWT tidak menyukai orang yang merusak lingkungan. Apabila terjadi kerusakan lingkungan akan berdampak buruk terhadap kehidupan di bumi, seperti tercemarnya lingkungan air dapat menyebabkan ketersediaan air bersih menurun, ekosistem sungai menjadi terganggu hingga dampak buruk terhadap Kesehatan manusia yang menggunakan air tercemar untuk keperluan sehari-hari. Allah berfirman dalam Al-Qur-an surah Al-Qasas (28) ayat 77:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۚ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya : “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagiamu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.

Tafsir Al-Misbah volume 10 (2002:405) mendefinisikan makna firman-Nya وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ “janganlah engkau berbuat kerusakan dalam bentuk apapun di bagian mana pun di bumi ini” bahwa larangan melakukan perusakan setelah sebelumnya telah diperintahkan berbuat baik, merupakan peringatan agar tidak mencampuradukkan antara kebaikan dan keburukan. Sebab keburukan dan perusakan merupakan lawan kebaikan. Perusakan yang dimaksud menyangkut banyak hal, salah satunya adalah gangguan terhadap kelestarian lingkungan.

Upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu caranya yaitu dengan meminimalisir limbah yang ada di alam dan memanfaatkannya untuk menangani pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah di perairan seperti limbah industri tekstil yang saat ini semakin meningkat seiring bertambahnya aktivitas industri tekstil di Indonesia. Pemanfaatan sumber daya alam di bumi ini telah dijelaskan dalam Al-Qur’an karena segala sesuatu yang diciptakan-Nya tidak ada yang sia-sia. Allah SWT berfirman dalam Q.S ad-Dukhan (44) 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.”

Tafsir Al-Misbah volume 13 (2002:21) menerangkan bahwa Allah bagaikan menyatakan : “Dan kami tidak menciptakan langit demikian luas dan bertingkat, serta bumi demikian kokoh, mantap berikut tata aturannya yang sedemikian rapi, indah dan harmonis, juga tidak menciptakan apa yang ada antara keduanya antara langit dan bumi dengan bermain-main yakni tanpa tujuan yang haq serta benar seperti halnya anak kecil yang bermain-main.” Alam ini tidak diciptakan tanpa tujuan , maka manusia pun harus memiliki tujuan sebagaimana yang dikehendaki Allah.

Oleh sebab itu, kita dapat memanfaatkan segala sesuatu di bumi dengan tujuan menjaga kelestarian alam,. Penelitian ini penulis memanfaatkan kitosan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi zat warna Procion Red MX 8B yang merupakan salah satu zat warna yang digunakan dalam industri tekstil. Kitosan merupakan senyawa polimer hasil turunan senyawa kitin yang berasal dari limbah cangkang hewan krustasea (udang, kepiting) yang ketersediaannya melimpah di alam. Kitosan sebagai adsorben dapat dimodifikasi untuk mengoptimalkan kinerjanya. Pada penelitian ini , serbuk kitosan yang berasal dari pengolahan cangkang udang dengan derajat deasetilasi  $\geq 75\%$  dimodifikasi melalui ikatsilang menggunakan agen pengikatsilang tripolifosfat (TPP) dan epiklorohidirin (ECH) serta mengkondisikan pada berbagai pH untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang optimum.

Berdasarkan hasil penelitian, kitosan dalam bentuk butiran kitosan-ECH melalui proses modifikasi menggunakan konsentrasi TPP 1% pada lama perendaman 6 jam serta konsentrasi ECH 1% dapat dimanfaatkan sebagai adsorben zat warna Procion Red MX 8B yang menghasilkan nilai kapasitas adsorpsi optimum sebesar 61,913 mg/g pada pH 6. Kapasitas adsorpsi pada penelitian ini memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kapasitas adsorpsi pada penelitian sebelumnya (Tabel 4.2). Hasil ini menunjukkan bahwa limbah cangkang udang yang diolah menjadi kitin kemudian disintesis menjadi kitosan dan selanjutnya dimodifikasi membentuk butiran kitosan-TPP-ECH berpotensi mengurangi pencemaran lingkungan perairan akibat limbah industri seperti zat warna Procion Red MX 8B dengan proses adsorpsi sehingga meminimalisir kadar pewarna tersebut pada limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Butiran kitosan terikat silang TPP dan ECH (1%; 2,5%; dan 5%) tidak berpengaruh signifikan terhadap kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) Procion Red MX 8B sehingga kondisi optimum yang efisien dan ekonomis untuk adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan butiran kitosan-TPP-ECH konsentrasi 1% dengan nilai  $Q_e$  sebesar 55,341 mg/g
2. Variasi pH berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) Procion Red MX 8B dengan diperoleh nilai kapasitas adsorpsi optimum berada pada pH 6 yaitu sebesar 61,913 mg/g.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penambahan variasi ECH di bawah 1% untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas adsorpsi Procion Red MX 8B
2. Perlu dilakukan penentuan waktu kontak optimum untuk mendapatkan nilai kapasitas adsorpsi yang optimum, dikarenakan setiap zat warna memiliki hasil waktu optimum adsorpsi yang berbeda-beda
3. Perlu dilakukan analisa lanjutan terkait kinetika adsorpsi untuk mengetahui model kinetika yang sesuai dengan adsorpsi Procion Red MX 8B

4. Perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut menggunakan SEM (*scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui lebih jelas mengenai pori butiran kitosan-TPP-ECH yang terbentuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, H., Tandiono, S., & Arianto, A. (2018). Preparation and evaluation of chitosan-tripolyphosphate nanoparticles suspension as an antibacterial agent. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(12), 147–156. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.81217>
- Brüschweiler, B. J., & Merlot, C. (2017). Azo dyes in clothing textiles can be cleaved into a series of mutagenic aromatic amines which are not regulated yet. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 88, 214–226. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.06.012>
- 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>
- 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)
- Handayani, D. S., Kusumaningsih, T., & Hak, L. A. (2017). Utilization Chitosan-p-t-Butylcalix[4]Arene for Red MX 8B Adsorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 176(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/176/1/012016>
- Hardjono, S. (2019). *Dasar-Dasar Spektroskopi*. UGM Press.
- Hastuti, S., Mawahib, S. H., & Setyoningsih. (2012). Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B. *Jurnal EKOSAINS* /, IV(1).
- Jafari, Z., Rad, A. S., Baharfar, R., Asghari, S., & Esfahani, M. R. (2020). Synthesis and application of chitosan/tripolyphosphate/graphene oxide hydrogel as a new drug delivery system for Sumatriptan Succinate. *Journal of Molecular Liquids*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113835>
- Kristianingrum, S., Fillaeli, A., Dwi Siswani, E., & Hasna Nafiisah, N. (2020). Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif untuk Penurunan Kadar Logam Cu dan Zn dalam Air Limbah. *J. Sains*, 9(2), 54–59.
- Kurniasih, M., Riapanitra, A., & Rohadi, A. (2014). Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan Adsorption of Rhodamine B with Powder Chitosan and Chitosan Beads Adsorbent. *Sains & Matematika*, 2(2), 27–33.
- 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).
- Laus, R., Costa, T. G., Szpoganicz, B., & Fávere, V. T. (2010). Adsorption and Desorption of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) Ions Using Chitosan Crosslinked with Epichlorohydrin-Triphosphate as The Adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1–3), 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.016>
- Lee, S.-T., Mi, F.-L., Shen, Y.-J., & Shyu, S.-S. (2001). Equilibrium and kinetic studies of copper(II) ion uptake by chitosan-tripolyphosphate chelating resin. *Polymer*, 42, 1879–1892. [www.elsevier.nl/locate/polymer](http://www.elsevier.nl/locate/polymer)
- Lin, E. Y.-H. (2007). *A Study of the Mobility of Silver Ions in Chitosan Membranes*. University of Waterloo.
- Lusiana, R. A., Protoningtyas, W. P., Wijaya, A. R., Siswanta, D., Mudasir, & Santosa, S. J. (2017). Chitosan-tripoly Phosphate (CS-TPP) Synthesis Through Cross-linking Process: The Effect of Concentration Towards Membrane Mechanical Characteristic and Urea Permeation. *Oriental Journal of Chemistry*, 33(6), 2913–2919. <https://doi.org/10.13005/ojc/330626>
- Lusiana, R. A., Siswanta, D., & Mudasir. (2016). Preparation of Citric Acid Crosslinked Chitosan/poly(Vinyl alcohol) Blend Membranes for Creatinine Transport. *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(2), 144–150. <https://doi.org/10.14499/ijc-v16i2p144-150>
- Madan, R. L. (2012). *Chemistry for Degree Students*. S.Chand.
- 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.
- Manurung, R. (2004). *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob - Aerob* (E-USU Repository). Universitas Sumatra Utara. <https://www.researchgate.net/publication/42320559>
- 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.
- Marei, N. H., El-Samie, E. A., Salah, T., Saad, G. R., & Elwahy, A. H. M. (2016). Isolation and characterization of chitosan from different local insects in

- Egypt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.024>
- Mi, F.-L., Shyu, S.-S., Lee, S.-T., & Wong, T.-B. (1999). Kinetic Study of Chitosan-Tripolyphosphate Complex Reaction and Acid-Resistive Properties of the Chitosan-Tripolyphosphate Gel Beads Prepared by in-Liquid Curing Method. *Journal of Polymer Science*, 37, 1551–1564.
- 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>
- Muxika, A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., & de la Caba, K. (2017). Chitosan as a Bioactive Polymer: Processing, Properties and Applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1358–1368. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.087>
- Nurmasari, R., Umaningrum, D., Yuliyanti, E., Yani Km, J. A., & Selatan, K. (2018). Study Of Sorption On Safranin O By Sorbent Beads Chitosan-Tripolyphosphate. *Sains Dan Terapan Kimia*, 12, 34–40.
- Pormazar, S. M., & Dalvand, A. (2022). Adsorption of Reactive Black 5 Azo Dye from Aqueous Solution by Using Amine-functioned Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles with L-arginine: Process Optimisation Using RSM. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(8), 1764–1783. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1743278>
- Priadi, cindy R., Anita, A., Sari, P. N., & Mursidik, S. S. (2014). Adsorpsi Logam Seng (Zn) dan Timbal (Pb) pada Limbah Cair Industri Keramik oleh Tanah Liat. *Reaktor*, 15(1), 10–19.
- Purwaningrum, W., Hariani, P. L., & Teja, K. N. (2013). Adsorpsi Zat Warna Procion Merah pada Limbah Cair Industri Songket Menggunakan Kitin dan Kitosan. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 423–427.
- 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>
- Sari, M. Y., & Susatyo. (2017). Sintesis Kitosan-Silika Bead serta Aplikasinya untuk Menurunkan Kadar Ion Cr(VI) dalam Larutan. *Jurnal MIPA*, 40(2). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- Setyaning, T., Riyani, K., Kartika, D., Pertiwi, I., & Kurniasih, M. (2021). Pengolahan Limbah Zat Warna Rhodamin B dengan Crosslink Kitosan Tripolifosfat. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XI", 1–12.

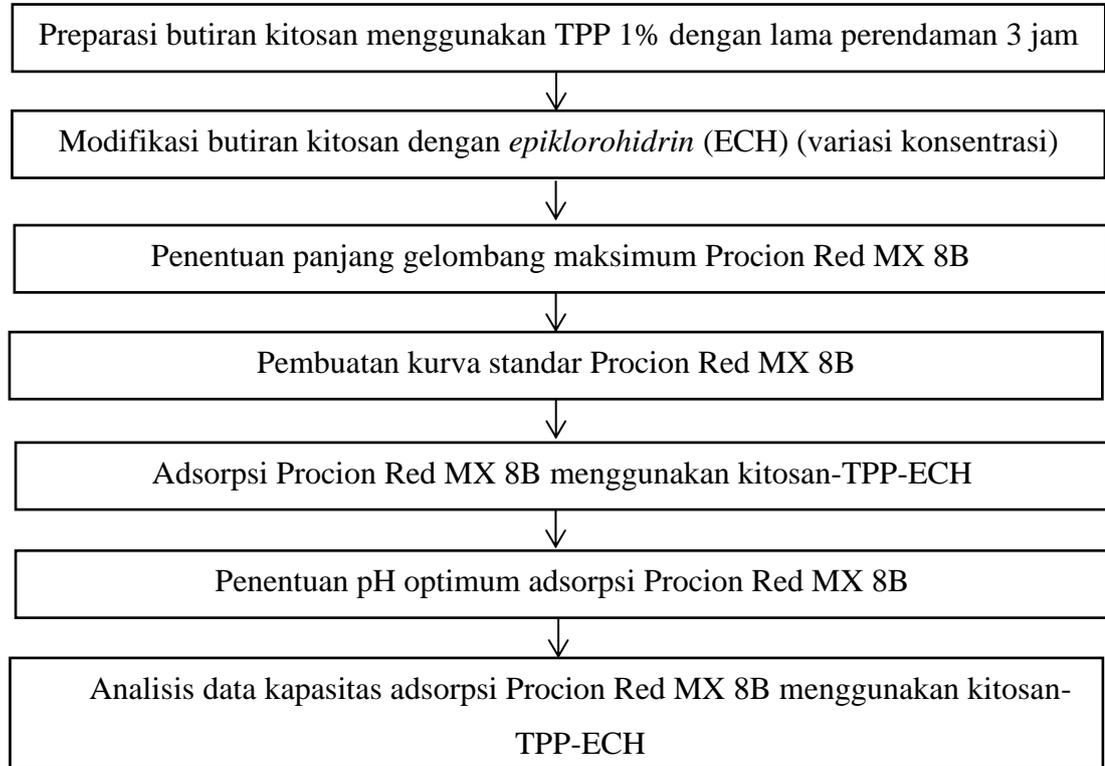
- Setyoningsih. (2010). *PENGGUNAAN SERAT DAUN NANAS SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA PROCION RED MX 8B*. Univeristas Sebelas Maret.
- Shihab, M. Q. (2001a). *Tafsir Al-Mishbah* (5th ed.). Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. (2001b). *Tafsir Al-Mishbah* (2nd ed.). Lentera Hati.
- Shu, X. Z., & Zhu, K. J. (2002). Controlled Drug Release Properties of Ionically Cross-linked Chitosan Beads: The Influence of Anion Structure. In *International Journal of Pharmaceutics* (Vol. 233). [www.elsevier.com/locate/ijpharm](http://www.elsevier.com/locate/ijpharm)
- Stranges, S., Alagia, M., Decleva, P., Stener, M., Fronzoni, G., Toffoli, D., Speranza, M., Catone, D., Turchini, S., Prospero, T., Zema, N., Contini, G., & Keheyuan, 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>
- Sugita, P., Sjahriza, A., Wukirsari, T., & Wahyono, D. (2009). *Kitosan : Sumber Biomaterial Masa Depan*. IPB Press.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik*, 12(1).
- Tran, C. D., Duri, S., Delneri, A., & Franko, M. (2013). Chitosan-cellulose Composite Materials: Preparation, Characterization and Application for Removal of Microcystin. *Journal of Hazardous Materials*, 252–253, 355–366. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.02.046>
- Wahyuningsih, A. W. K., Ulfan, 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 Utomo, M. (2005). Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA*, 14–2011.
- Widodo, Lu., Neza Wati, S., & Made Vivi, N. A. (2019). Pembuatan Edible Film dari Labu Kuning dan Kitosan dengan Gliserol sebagai Plasticizer. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(1), 59–65.

Wu, F.-C., Tseng, R.-L., & Juang, R.-S. (2001). Kinetic Modeling of Liquid-Phase Adsorption of Reactive Dyes and Metal Ions on Chitosan. *Wat. Res*, 35(3), 613–618.

Zukhriyah, R. (2020). *Adsorpsi Nitrat Menggunakan Butiran Kitosan yang Terikat Silang dengan Tripolifosfat (TPP) dan Epiklorohidrin (ECH)*. UIN Maulana Malik Ibrahim.

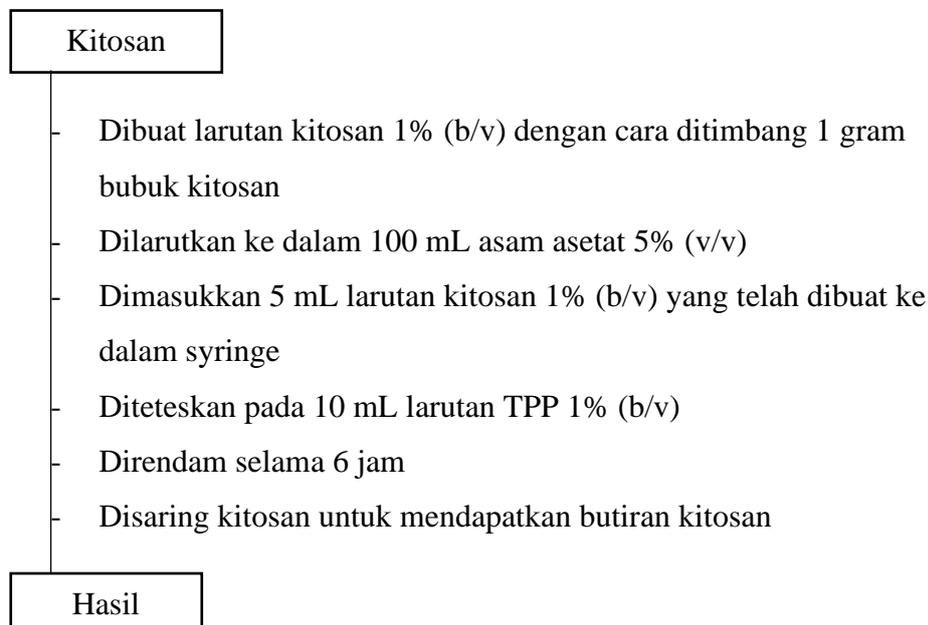
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Tahapan Penelitian

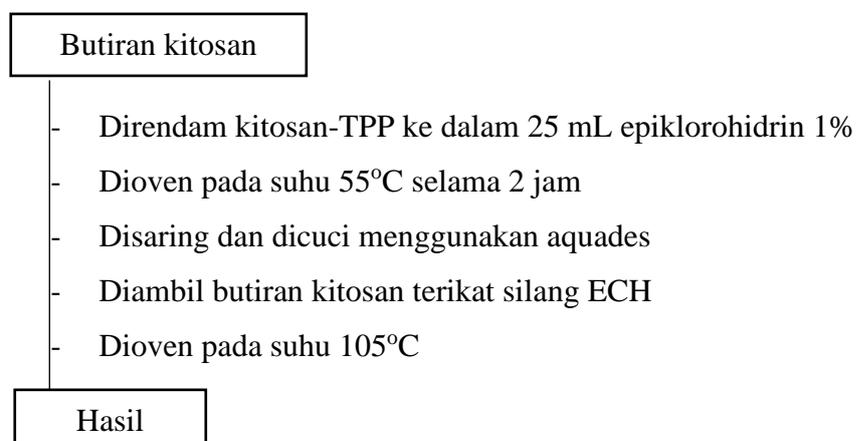


## Lampiran 2. Diagram Alir

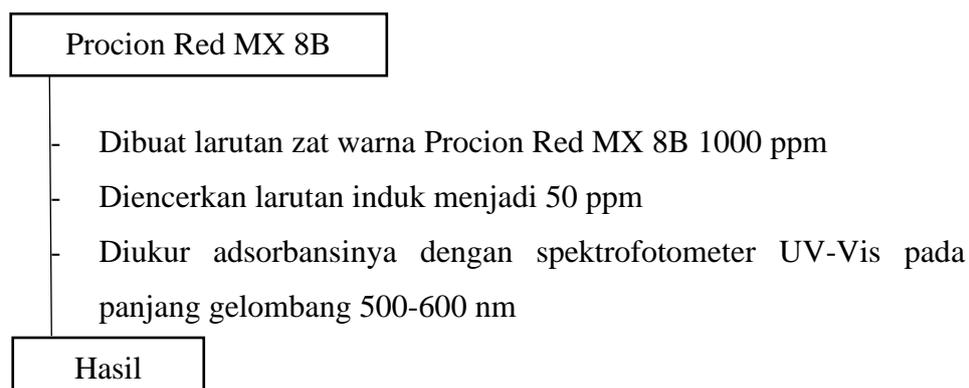
### 2.1 Preparasi Pembuatan Adsorben Kitosan Terikat Silang TPP



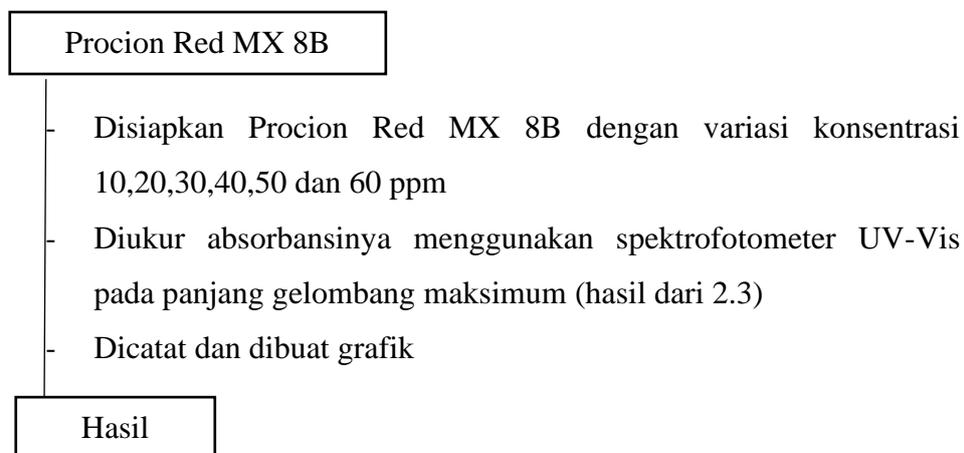
### 2.2 Modifikasi butiran kitosan dengan epiklorohidrin (ECH)



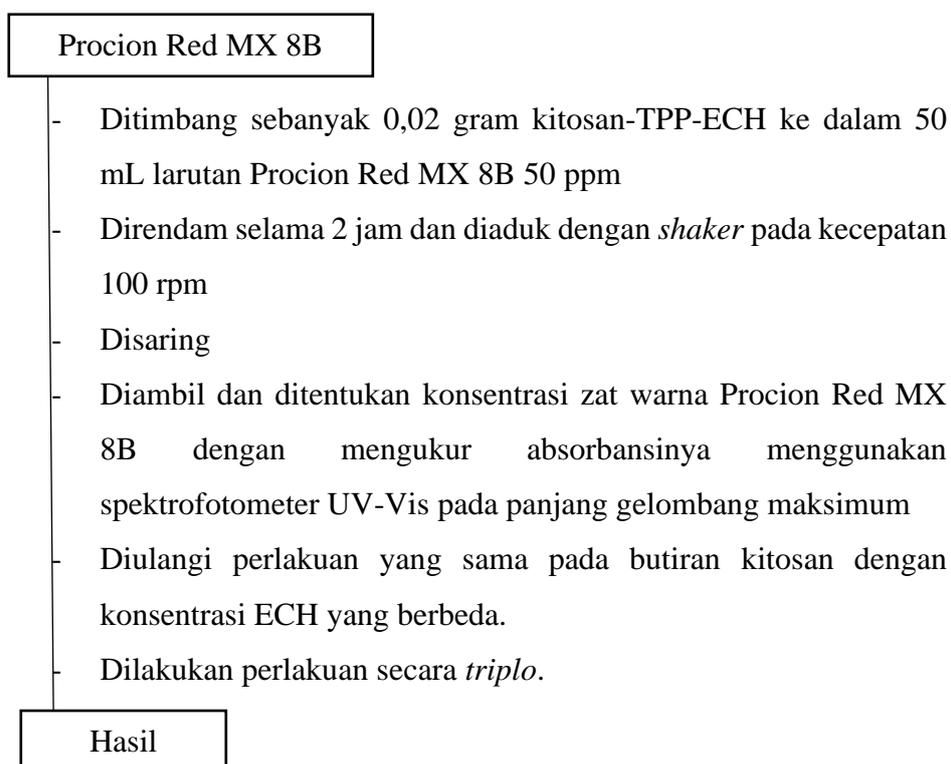
### 2.3 Penentuan panjang gelombang maksimum Procion Red MX 8B



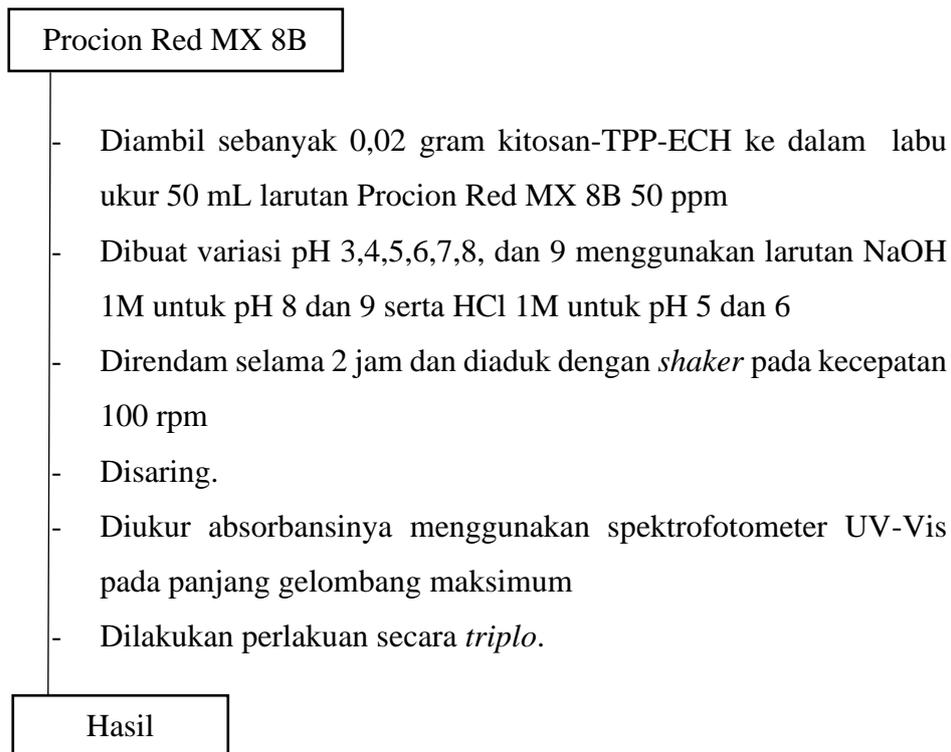
#### 2.4 Pembuatan kurva standar Procion Red MX 8B



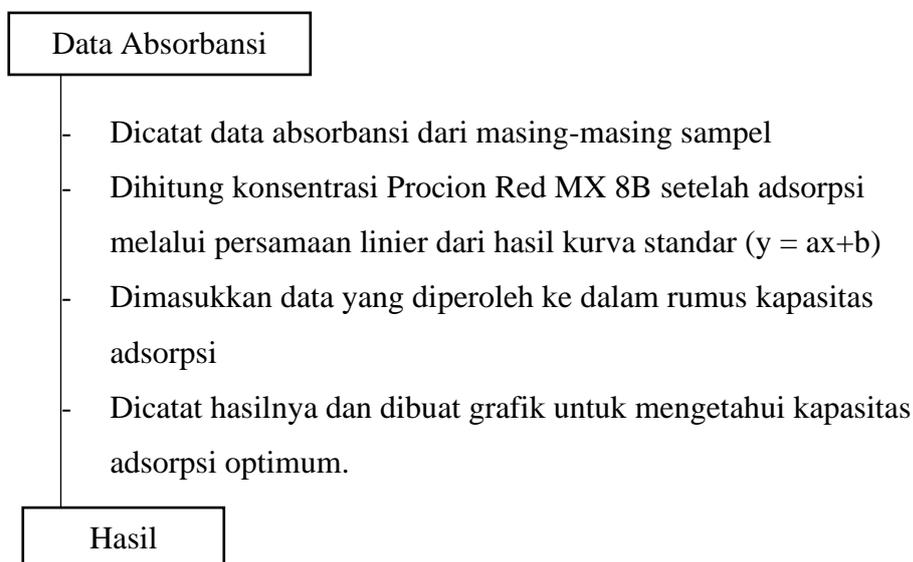
#### 2.5 Adsorpsi Procion Red MX 8B menggunakan kitosan-TPP-ECH



## 2.6 Penentuan pH optimum adsorpsi Procion Red MX 8B



## 2.7 Analisis data jumlah Procion Red MX 8B yang teradsorpsi



### Lampiran 3. Perhitungan Reagen

#### 3.1 Pembuatan Larutan asam Asetat 5%

Diketahui : Volume yang akan dibuat (V2) = 100 mL  
 Konsentrasi yang diinginkan (M2) = 5%  
 Ditanya : Volume asam asetat yang diambil?  
 Dijawab :

$$\begin{aligned} \%v/v &= \frac{\text{volume asam asetat } (x)}{\text{volume larutan}} \\ 5\% &= \frac{\text{volume asam asetat } (x)}{100 \text{ ml}} \\ x &= 5\% \times 100 \text{ ml} \\ &= 5 \text{ ml} \end{aligned}$$

#### 3.2 Pembuatan Larutan Induk Procion Red MX 8B 1000 ppm

Diketahui : Konsentrasi yang dibutuhkan = 1000 mg/L  
 Volume yang akan dibuat = 0,1 L  
 Ditanya : Massa Procion Red MX 8B yang dibutuhkan?  
 Dijawab :

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{Konsentrasi (mg/L)} \times V \text{ (L)} \\ &= 1000 \text{ mg/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 100 \text{ mg} \\ &= 0,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 3.3 Pengenceran Larutan Procion Red MX 8B

$$\text{Persamaan } M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Dengan  $M_1$  adalah konsentrasi larutan pengenceran,  $M_2$  adalah konsentrasi larutan induk yang diencerkan,  $V_1$  adalah volume larutan pengenceran,  $V_2$  adalah larutan induk yang diencerkan

##### a) Pengenceran larutan 1000 mg/L menjadi 100 mg/L

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

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

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

**b) Pengenceran menjadi 5 mg/L**

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}}$$

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

**c) Pengenceran menjadi 10 mg/L**

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}}$$

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

**d) Pengenceran menjadi 20 mg/L**

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 20 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}}$$

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

**e) Pengenceran menjadi 30 mg/L**

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 30 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{30 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

**f) Pengenceran menjadi 40 mg/L**

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 100 \text{ mg/L} \times V_1 &= 40 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{40 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 20 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

**g) Pengenceran menjadi 50 mg/L**

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 100 \text{ mg/L} \times V_1 &= 5 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{50 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 25 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

**3.4 Pembuatan Larutan Tripolisfosfat (TPP) 1%**

Diketahui : Konsentrasi TPP = 1%  
 V aquades = 100 mL

Ditanya : Massa tripolisfosfat (TPP) yang dibutuhkan ?

Dijawab :

$$\%b/v = \frac{\text{masaa tripolisfosfat (g)}}{\text{volume larutan (L)}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{massa tripolisfosfat (g)}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\text{Massa} = \frac{1\% \times 100}{100\%}$$

$$= 1 \text{ gram}$$

**3.5 Pembuatan Larutan Epiklorohidrin (ECH)****a) 1%**

Diketahui : Konsentrasi ECH = 1%  
 V aquades = 100 mL

Ditanya : Volume epiklorohidrin (ECH) yang dibutuhkan ?

Dijawab :

$$\begin{aligned}\% \text{ v/v} &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ 1\% &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ V &= \frac{1\% \times 100}{100\%} \\ &= 1 \text{ ml}\end{aligned}$$

**b) 2,5%**

Diketahui : Konsentrasi ECH = 2,5%

V aquades = 100 mL

Ditanya : Volume epiklorohidrin (ECH) yang dibutuhkan ?

Dijawab :

$$\begin{aligned}\% \text{ v/v} &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ 2,5\% &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ V &= \frac{2,5\% \times 100}{100\%} \\ &= 2,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

**c) 5%**

Diketahui : Konsentrasi ECH = 5%

V aquades = 100 mL

Ditanya : Volume epiklorohidrin (ECH) yang dibutuhkan ?

Dijawab :

$$\begin{aligned}\% \text{ v/v} &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ 5\% &= \frac{\text{volume ECH (ml)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times 100\% \\ V &= \frac{5\% \times 100}{100\%} \\ &= 5 \text{ ml}\end{aligned}$$

### 3.6 Pembuatan Larutan HCl 1 M

Diketahui : Mr HCl = 36,5 g/mol  
 $\rho$  HCl = 1,18 g/mL  
 Konsentrasi HCl = 37%

Ditanya : Volume yang dibutuhkan untuk membuat HCl 1 M ?

Dijawab :

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

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

$$\begin{aligned} V \text{ HCl} &= \frac{37\% \times 100}{100\%} \\ &= 37 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ HCl} = \frac{\text{massa HCl (g)}}{\text{volume HCl (ml)}}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Massa HCl} &= 37 \text{ ml} \times 1,18 \text{ g/ml} \\ &= 43,66 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ HCl} &= \frac{\text{massa HCl (g)}}{Mr \text{ HCl}} \times \frac{1000}{\text{volume larutan (ml)}} \\ &= \frac{43,66 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ ml}} \\ &= 11,9616 \text{ M} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi HCl 37% adalah 11,9616 M

Sehingga,

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

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

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

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

Untuk membuat larutan HCl 1 M 100 mL membutuhkan sebesar 8,4 mL HCl 37 %

### 3.7 Pembuatan Larutan NaOH 1 M

Diketahui : Mr HCl = 40 g/mol  
 Volume larutan yang dibuat = 1,18 g/mL  
 Konsentrasi HCl = 99,9%

Ditanya : Volume yang dibutuhkan untuk membuat NaOH 1M ?

Dijawab :

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

$$= \frac{\text{massa NaOH (g)}}{40 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ ml}}$$

$$\text{Massa NaOH} = \frac{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 10 \text{ ml}}{99,9\%}$$

$$= 4 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat 100 ml NaOH 1M membutuhkan 4 gram NaOH