

**PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN
TRIPOLIFOSFAT DALAM PEMBUATAN BUTIRAN KITOSAN UNTUK
OPTIMASI ADSORPSI REMAZOL YELLOW FG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR ROFIATUL MAJIDAH
NIM. 18630090**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN
TRIPOLIFOSFAT DALAM PEMBUATAN BUTIRAN KITOSAN UNTUK
OPTIMASI ADSORPSI REMAZOL YELLOW FG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR ROFIATUL MAJIDAH
NIM. 18630090**

**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
2022**

**PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN
TRIPOLIFOSFAT DALAM PEMBUATAN BUTIRAN KITOSAN UNTUK
OPTIMASI ADSORPSI REMAZOL YELLOW FG**

SKRIPSI

Oleh:
NUR ROFIATUL MAJIDAH
NIM. 18630090

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 28 November 2022

Pembimbing I



Armeida D R Madjid, M.Si
NIP.19890527 201903 2 016

Pembimbing II



Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT.19851225 20160801 1 069

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP.19810811200801 2 010

**PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN
TRIPOLIFOSFAT DALAM PEMBUATAN BUTIRAN KITOSAN UNTUK
OPTIMASI ADSORPSI REMAZOL YELLOW FG**

SKRIPSI

Oleh:
NUR ROFIATUL MAJIDAH
NIM. 18630090

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 08 Desember 2022**

Penguji Utama	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 19790620 200604 2 002	(.....)
Ketua Penguji	: Susi Nurul Khalifah, M.Si NIP.19851020 201903 2 012	(.....)
Sekretaris Penguji	: Armeida D R Madjid, M.Si NIP. 19890527 201903 2 016	(.....)
Anggota Penguji	: Ahmad Hanapi, M.Sc NIDT.19851225 20160801 1 069	(.....)



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Rofiatul Majidah
NIM : 18630090
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Tripolifosfat dalam Pembuatan Butiran Kitosan untuk Optimasi Adsorpsi Remazol Yellow FG

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, 12 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan,


Nur Rofiatul Majidah
NIM. 18630090

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilakhirabbil 'aalamiin

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para Sahabat.

Karya ilmiah ini, penulis persembahkan kepada orang-orang tersayang yaitu Ayah Sahlan, Ibu Yatmani, 3 kakak penulis, Bapak dan Ibu Dosen, serta teman-teman penulis. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada diri penulis sendiri yang tidak pernah menyerah dan tetap semangat dalam menyelesaikan penulisan naskah ini. Terakhir, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama berlangsungnya penelitian dan penyusunan naskah ini, diantaranya yaitu Ibu Armeida D R Madjid M.Si, Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc, Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si, semua laboran prodi kimia, teman-teman Lab. Analitik, dan khususnya teman seperbimbingan penulis yaitu Fitri Yulifah dan I'in Atiqotul Mir'ah yang selalu menemani dan membantu selama penulis melakukan penelitian

Terima kasih atas semua dukungan, nasihat, motivasi, perhatian, bantuan, dan do'a yang telah diberikan kepada penulis selama ini 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

“Selesaikan apa yang sudah kamu mulai. Jangan menyerah dan ingatlah bahwa Allah SWT tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Surah Al-Baqarah: 286). Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan (Surah Al-Insyirah: 5-6)”.

“Don’t compare your life to others, there is no comparison between the sun and the moon, cause they’ll shine when it’s their time. So, enjoy your life!”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan naskah skripsi dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Tripolifosfat dalam Pembuatan Butiran Kitosan untuk Optimasi Adsorpsi Remazol Yellow FG”** ini dengan baik.

Sholawat serta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang diridhoi oleh Allah SWT yang kaya akan ilmu pengetahuan. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk memenuhi tugas akhir dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Sarjana Sains di Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulisan naskah ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya doa, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sahlan dan Ibu Yatmani, selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan semangat dan mendoakan penulis agar selalu diberi kemudahan dalam menuntut ilmu selama perkuliahan, khususnya juga dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si, selaku Dosen Wali yang telah memberikan motivasi, saran, dan bimbingan kepada penulis.
6. Ibu Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si dan Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si, selaku Dosen Penguji I dan II yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penulisan naskah skripsi ini.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen beserta *staff* Laboran dan Admin yang ada di Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat dengan ikhlas kepada penulis selama perkuliahan.
10. Teman-teman Kimia angkatan 2018, khususnya kelas A'18, semua anggota grup ponpes Syahnur, teman-teman kimia kos yellow (Siti Silvikhati U., Afifatul Fitri K., Dinda Ayu L., Nita Islamiyah, dan Almh. Aulya Maghfiroh), serta teman-teman penulis yang ada di kampus lain (Farah F. M. dan Ruth N. P) yang telah memberikan dorongan semangat, motivasi, dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan proposal ini.

Semoga semua bantuan dari Bapak/Ibu Dosen serta pihak lain kepada penulis dalam menyelesaikan naskah ini dibalas oleh Allah SWT dengan pahala dan ridha-Nya. Penulis menyadari bahwa penyusunan naskah skripsi ini masih belum sempurna dan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf sebesar-besarnya dan penulis akan menerima dengan senang hati atas segala saran dan kritik yang membangun. Semoga naskah skripsi ini dapat memberikan sedikit wawasan baru dan bermanfaat bagi para pembaca dan bagi penulis sendiri.

Malang, 12 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRCT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Remazol Yellow FG	7
2.2 Adsorpsi.....	9
2.3 Kitosan.....	10
2.4 Modifikasi Kitosan dengan Konsentrasi Tripolifosfat	13
2.5 Modifikasi Kitosan dengan Lama Perendaman Tripolifosfat.....	16
2.6 Analisis Adsorpsi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	17
2.7 Karakterisasi Adsorben Kitosan Menggunakan Spektrometer FTIR	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan	21

3.3 Tahapan Penelitian	22
3.4 Cara Kerja	22
3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Remazol Yellow FG	22
3.4.2 Pembuatan Kurva Standar Remazol Yellow FG.....	22
3.4.3 Pengaruh Konsentrasi TPP terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG.....	23
3.4.3.1 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Konsentrasi TPP ...	23
3.4.3.2 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Konsentrasi TPP	23
3.4.4 Pengaruh Lama Perendaman terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG.....	24
3.4.4.1 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Lama Perendaman	24
3.4.4.2 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Lama Perendaman	24
3.4.5 Karakterisasi Adsorben Kitosan Menggunakan Spektrometer FTIR.....	25
3.4.6 Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisis Remazol Yellow FG Menggunakan Spektrofotometer UV- Vis	26
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	26
4.1.2 Pembuatan Kurva Standar Remazol Yellow FG.....	27
4.2 Pembuatan Adsorben Butiran Kitosan	28
4.2.1 Pengaruh Konsentrasi TPP terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG.....	31
4.2.2 Pengaruh Lama Perendaman terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG.....	36
4.3 Karakterisasi Adsorben Kitosan Menggunakan Spektrometer FTIR.....	38
4.4 Hikmah Penelitian dalam Perspektif Agama Islam	41
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir	54
Lampiran 2. Perhitungan reagen	57
Lampiran 3. Data analisis.....	61
Lampiran 4. Perhitungan data dan hasil.....	64
Lampiran 5. Dokumentasi.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur remazol yellow FG	8
Gambar 2.2	Struktur kitosan	11
Gambar 2.3	Reaksi deasetilasi kitin menjadi kitosan (Stamford <i>et al.</i> , 2015)	11
Gambar 2.4	Struktur tripolifosfat (Li <i>et al.</i> , 2011)	14
Gambar 2.5	Struktur kitosan terikat silang TPP (Husniati dan Eva, 2014)	15
Gambar 2.6	Morfologi butiran kitosan dengan variasi konsentrasi TPP (a) 8%, (b) 5%, (c) 3%, dan (d) 1%	15
Gambar 2.7	Grafik variasi lama perendaman TPP	16
Gambar 2.8	Morfologi butiran kitosan dengan variasi lama perendaman (a) 10 detik, (b) 20 detik, (c) 1 menit, dan (d) 5 menit	17
Gambar 2.9	Spektra FTIR dari (a) kitosan serbuk, (b) butiran kitosan sebelum adsorpsi, dan (c) butiran kitosan setelah adsorpsi	20
Gambar 4.1	Spektrum panjang gelombang remazol yellow FG	26
Gambar 4.2	Kurva standar remazol yellow FG	28
Gambar 4.3	Reaksi protonasi kitosan dengan asam asetat (Zhang <i>et al.</i> , 2019) ..	29
Gambar 4.4	Butiran kitosan-NaOH (a), butiran kitosan-TPP (b)	30
Gambar 4.5	Reaksi kitosan dengan TPP	31
Gambar 4.6	Butiran kitosan basah variasi konsentrasi TPP (a) K-TPP 0%, (b) K-TPP 1%, (c) K-TPP 3%, (d) K-TPP 5%, dan (e) K-TPP 10%	31
Gambar 4.7	Dugaan interaksi adsorpsi remazol yellow FG oleh kitosan-TPP dengan (a) struktur kitosan, (b) struktur TPP, (c) struktur remazol yellow FG	33
Gambar 4.8	Butiran kitosan basah variasi lama perendaman (a) 3 jam, (b) 6 jam, (c) 12 jam, dan (d) 24 jam)	36
Gambar 4.9	Butiran kitosan (a) sebelum, dan (b) setelah adsorpsi	39
Gambar 4.10	Spektra FTIR dari (a) kitosan serbuk, (b) butiran kitosan-TPP sebelum adsorpsi, dan (c) butiran kitosan-TPP setelah adsorpsi	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakterisasi remazol yellow FG (Industries, 2012; Ariguna <i>et al.</i> , 2014; Damajanti <i>et al.</i> , 2021)	8
Tabel 4.1 Kapasitas adsorpsi remazol yellow FG berdasarkan variasi konsentrasi TPP	33
Tabel 4.2 Kapasitas adsorpsi remazol yellow FG berdasarkan variasi lama perendaman.....	37
Tabel 4.3 Dugaan gugus fungsi pada kitosan	40

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Persamaan kapasitas adsorpsi	10
Persamaan 2.2 Persamaan hukum Lambert-Beer.....	18
Persamaan 3.1 Persamaan kapasitas adsorpsi variasi konsentrasi TPP	24
Persamaan 3.2 Persamaan kapasitas adsorpsi variasi lama perendaman	25
Persamaan 4.1 Reaksi protonasi gugus amina kitosan.....	28
Persamaan 4.2 Reaksi pelarutan TPP.....	30
Persamaan 4.3 Reaksi pelarutan TPP.....	31
Persamaan 4.4 Reaksi pelarutan TPP.....	31
Persamaan 4.5 Reaksi pelarutan remazol yellow FG.....	32
Persamaan 4.6 Interaksi remazol yellow FG dengan kitosan	32

ABSTRAK

Majidah, Nur Rofiatul. 2022. **Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Tripolifosfat dalam Pembuatan Butiran Kitosan untuk Optimasi Adsorpsi Remazol Yellow FG**. 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: Ahmad Hanapi, M.Sc.

Kata Kunci: Remazol yellow FG, Kitosan, Tripolifosfat, Adsorpsi

Remazol yellow FG merupakan salah satu pewarna yang umum digunakan dalam industri tekstil karena memiliki warna cerah, harga terjangkau, dan tahan luntur. Namun, pewarna ini sulit untuk diuraikan atau didegradasi dikarenakan terdapat kandungan senyawa aromatik golongan azo dan dapat menyebabkan sumber penyakit dikarenakan sifatnya yang karsinogen. Metode adsorpsi menggunakan kitosan dapat digunakan untuk menurunkan kadar remazol yellow FG di lingkungan karena metode ini sederhana, mudah dilakukan, murah, dan memiliki efisiensi yang tinggi. Modifikasi kitosan dilakukan dengan penambahan tripolifosfat (TPP) untuk meningkatkan stabilitas adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pada adsorpsi remazol yellow FG oleh kitosan melalui variasi konsentrasi TPP (0, 1, 3, 5, 10% b/v) dan lama perendaman (3, 6, 12, 24 jam). Analisis adsorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diperoleh hasil adsorpsi optimum yaitu pada konsentrasi TPP 1% dan lama perendaman 3 jam dengan kapasitas adsorpsi sebesar 9,611 mg/g. Karakterisasi adsorben kitosan dilakukan menggunakan spektrometer FTIR dan diperoleh hasil spektra kitosan serbuk dan butiran kitosan (sebelum dan setelah adsorpsi) yang menunjukkan adanya serapan O–H rentang, N–H rentang, N–H bengkok, C–H rentang, C–H bengkok, C–O rentang, dan C–N rentang yang mengindikasikan struktur kitosan, serapan P–O–R rentang mengindikasikan berhasilnya ikatsilang antara kitosan dengan TPP, dan serapan sulfonat (SO_3^-) rentang pada daerah $1235,588 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan terjadinya adsorpsi remazol yellow FG oleh butiran kitosan sesudah adsorpsi.

ABSTRACT

Majidah, Nur Rofiatul. 2022. **Effect of Tripolyphosphate Concentration and Immersion Time of Chitosan Beads Preparation for Optimize Remazol Yellow FG Adsorption**. Thesis. Study Program of Chemistry. Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor I: Armeida D. R. Madjid, M.Si, Supervisor II: Ahmad Hanapi, M.Sc.

Keywords: Remazol yellow FG, Chitosan, Tripolyphosphate, Adsorption

Remazol yellow FG is a widely used dye in the textile industry due to its vivid color, low cost, and water resistance. However, this dye is difficult to degrade since it contains azo aromatic compounds and it has carcinogenic properties. The adsorption method utilizing chitosan can be used to decrease remazol yellow FG levels in the environment because it is simple, easy, inexpensive, and has a high efficiency. Adsorbent chitosan was modified with tripolyphosphate (TPP) to increase its stability. The purpose of this research was to determine the optimal conditions for remazol yellow FG adsorption by chitosan utilizing various TPP concentrations (0, 1, 3, 5, 10% w/v) and TPP immersion times (3, 6, 12, 24 hours). A UV-Vis spectrophotometer was used for the adsorption capacity analysis, and the optimum adsorption results were achieved at 1% TPP concentration and 3 hours of immersion time, with an adsorption capacity of 9.611 mg/g. The FTIR spectrometer was used to characterize chitosan powder and beads (before and after adsorption), which showed functional groups at O–H stretching, N–H stretching, N–H bending, C–H stretching, C–H bending, C–O stretching, and C–N stretching that indicated chitosan structure, functional group P–O–R stretching indicated successful crosslink between chitosan and TPP, and functional group sulfonate (SO_3^-) stretching at 1235.588 cm^{-1} band indicated that remazol yellow FG adsorption was occurred by chitosan beads after adsorption.

مستخلص البحث

ماجدة، نور رافعة. ٢٠٢٢. تأثير التركيز و وقت غمر ثلاثي الفوسفات في صنع حبيبات الشيتوزان لتحسين امتزاز الريمazol الأصفر FG. البحث الجامعي. قسم تعليم الكيمياء، كلية العلوم و التكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: أرميدا د.ر ماجد الماجستير، المشرف الثاني أحمد حنفي، الماجستير.

الكلمات المفتاحية : الريمazol الأصفر FG، الشيتوزان، الامتزاز، ثلاثي فوسفات الصوديوم

الريمazol الأصفر FG هو أحد الصباغ العام في صناعة النسيج لأنها تتميز بألوان زاهية وأسعار مناسبة وثبات. لكن، يصعب هذه الصبغة للتحليل أو التحقير لأن محتواها مجموعة المركبات العطرية azo ويمكن أن تسبب مصدرا للأمراض بسبب الطبيعة المسببة للسرطان. استخدم طريقة الامتزاز الشيتوزان الذي يُستخدم في تقليل مستويات الريمazol الأصفر FG في البيئة لأن هذه الطريقة بسيطة، سُهّل التنفيذ و رخيص الثمن وذو كفاءة عالية بالإضافة إلى تعديلات عليه إضافة تريبوليفوسفات (TPP) لزيادة ثبات المادة الماصة. هُدف هذا البحث لتحديد الظروف المثلى لامتصاص الريمazol الأصفر FG بواسطة الشيتوزان من خلال الاختلافات في تركيز TPP (٠، ١، ٣، ٥، ١٠٪ وزن/حجم) و طول الغمر (٣، ٦، ١٢، ٢٤ ساعة). تم إجراء تحليل الامتزاز باستخدام مقياس الطيف الضوئي UV-Vis و تم الحصول على نتائج الامتزاز المثلى عند تركيز ١٪ TPP و طول الغمر هو ثلاث ساعات مع قدرة امتصاص ١١٦،٩ mg/g. مواصفات حبيبات الشيتوزان باستخدام مقياس الطيف الضوئي FTIR وتم الحصول على نتائج أطياف الشيتوزان مسحوق وحبيبات الشيتوزان (قبل وبعد الامتزاز) مما يدل على وجود نطاق الامتصاص O-H، نطاق N-H، عازمة N-H، عازمة C-H، نطاق C-H، نطاق C-O، ونطاق C-N أشار إلى هيكل الشيتوزان، وأشار نطاق امتصاص P-O-R إلى نجاحه التشابك بين الشيتوزان و TPP، و امتصاص السلفونات هذا النطاق أشار إلى امتزاز الريمazol الأصفر FG بواسطة حبيبات الكيتوزان بعد الامتزاز لأن مجموعة السلفونات هي مجموعة تفاعلية من الريمazol الأصفر FG. إستغلال نطاق السلفونات في منطقة ١٢٣٥.٥٨٨ سم⁻¹ و هو موجود في أطياف الحبوب الشيتوزان بعد الامتزاز فقط.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Remazol yellow FG merupakan salah satu zat pewarna yang umum digunakan dalam industri tekstil. Zat pewarna ini juga dikenal dengan nama lain yaitu *reactive yellow 42* (RY42), yang merupakan zat pewarna sintetis dengan pigmen warna kuning dan banyak digunakan sebagai zat warna pada kain karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya yaitu pigmen warnanya yang cerah, harga relatif murah, larut dalam air, dan memiliki daya ketahanan tinggi (Maghfiroh dkk, 2016). Daya tahan zat pewarna remazol yellow FG ini tinggi karena gugus aktifnya mampu membentuk suatu ikatan kovalen melalui reaksi adisi dengan serat selulosa yang ada pada kain (Kirk dan Othmer, 1992). Namun, kekurangan dari zat pewarna ini adalah adanya kandungan senyawa aromatik golongan azo yang menyebabkan zat pewarna ini sulit untuk didegradasi (*non-biodegradable*), dan pewarna ini memiliki efek karsinogen (Priyo dkk, 1999).

Limbah cair zat pewarna yang dihasilkan dari proses pewarnaan merupakan salah satu permasalahan industri tekstil hingga saat ini. Hal ini dikarenakan hanya sedikit saja persentase zat pewarna yang berikatan dengan serat kain, sedangkan sisanya akan menjadi limbah. Limbah cair tersebut hanya akan menjadi polutan lingkungan yang berbahaya bagi makhluk hidup sekitar apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya proses pengolahan atau penanganan terlebih dahulu (Kusumaningsih dkk, 2006). Dalam lingkungan perairan, remazol yellow FG dapat mengalami fotodegradasi secara alami melalui sinar ultraviolet yang berasal dari matahari tetapi prosesnya sangat lama sehingga

mengakibatkan proses pengakumulasian remazol yellow FG di dasar perairan lebih cepat menumpuk dibandingkan dengan proses fotodegradasinya (Lacheb *et al.*, 2002).

Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah Asy-Syu'ara' [26]: 183 sebagai berikut.

وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْنُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ؕ (١٨٣)

Artinya: *“Dan janganlah kamu merugikan manusia dengan mengurangi hak-haknya dan janganlah membuat kerusakan di bumi”*.

Dalam ayat tersebut, tertera bahwa perintah Allah SWT agar kita tidak merugikan orang lain dengan mengurangi hak-hak mereka dan tidak membuat kerusakan di bumi. Hak-hak tersebut salah satunya adalah hak untuk mendapatkan air yang bersih dan layak dalam memenuhi kebutuhan hidup. Air yang bersih dapat diperoleh apabila menjaganya dari pencemaran air yang merupakan akibat dari perbuatan manusia yang memiliki dampak merugikan bagi manusia sekitar maupun makhluk hidup lainnya. Salah satu contoh pencemaran air yaitu adanya limbah cair dari suatu industri atau instansi yang membuang limbahnya tersebut ke sungai tanpa adanya penanganan dari limbah itu sendiri. Dampak dari limbah cair tersebut merugikan makhluk hidup yang hidup di sekitarnya secara langsung dan tidak langsung, seperti kualitas air yang akan semakin menurun karena zat pewarna akan bereaksi dengan molekul air sehingga air menjadi tercemar, ikan-ikan yang hidup di sekitarnya menjadi keracunan, dan apabila ikan tersebut dikonsumsi oleh manusia maka akan berdampak juga pada manusia.

Permasalahan limbah cair dari zat pewarna yang digunakan oleh industri tekstil, khususnya zat pewarna remazol yellow FG ini dapat ditangani dengan cara mengurangi kadar warnanya sebelum dibuang ke lingkungan. Pengurangan kadar

warna tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti flotoasi, oksidasi, koagulasi, presipitasi, adsorpsi, pembentukan senyawa kompleks, ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan pemisahan dengan menggunakan membran (Gupta *et al.*, 2000; Mahatmanti *et al.*, 2017). Metode adsorpsi merupakan metode yang umum digunakan dalam menurunkan kadar limbah zat pewarna karena metode ini sederhana, mudah dilakukan, biaya murah, dan memiliki efisiensi yang tinggi (Sivakumar dan Palanisamy, 2009).

Kitosan ($C_6H_9NO_3$)_n merupakan biopolimer turunan dari senyawa kitin yang jumlahnya melimpah di alam dan umum digunakan sebagai adsorben karena kitosan memiliki gugus aktif amina dan hidroksil (-NH₂, -OH) yang akan berinteraksi dengan senyawa lain yang dikehendaki seperti ion logam dan zat pewarna. Kemampuan kitosan sebagai adsorben telah banyak diteliti seperti pada penelitian Abdullah dan Ali (2019), yang meneliti adsorpsi zat pewarna anionik acid blue menggunakan adsorben kitosan dan diperoleh bahwa kitosan mampu mengurangi 99,7% dan 78% pada masing-masing kekeruhan dan penghilangan warna untuk konsentrasi pewarna 5 mg/L pada kondisi optimum. Peneliti Kurniasih dkk (2014), yang meneliti adsorpsi zat pewarna rhodamin B menggunakan kitosan serbuk dan beads dan diperoleh jumlah rhodamin B yang teradsorpsi masing-masing sebesar 0,655 mg/g dan 0,603 mg/g. Peneliti Kurniawati dkk (2018), juga meneliti adsorpsi remazol yellow menggunakan kitosan teraktivasi asam askorbat dan diperoleh kondisi optimum adsorpsi pada pH 4, waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi 25 ppm dengan kapasitas adsorpsi masing- masing yaitu 2,583 mg/g, 2,912 mg/g, dan 4,275 mg/g.

Kitosan memiliki kelemahan yaitu bersifat kurang stabil karena larut dalam kondisi asam sehingga diperlukan adanya modifikasi untuk meningkatkan stabilitasnya agar kinerja adsorpsi kitosan dapat lebih optimal (Nurhaeni dkk, 2018). Modifikasi butiran kitosan dapat dilakukan dengan menambahkan agen pengikat silang. Tripolifosfat (TPP) merupakan agen pengikat silang fisik (physical crosslinker) yang bersifat aman, tidak beracun, harga terjangkau, dapat meningkatkan stabilitas kitosan, dan dapat memperluas permukaan adsorben (Babakhani dan Sartaj, 2020). Oleh karena kelebihan dari agen pengikat silang TPP ini, TPP banyak digunakan untuk meningkatkan kestabilan kitosan. Modifikasi penambahan konsentrasi TPP pada kitosan sudah pernah diteliti oleh Nitsae *et al.* (2016), yaitu pada adsorpsi logam Cr(VI) menggunakan kitosan dengan variasi TPP 1, 5, 10, dan 15%, dan diperoleh bahwa adsorpsi pada TPP 5% menunjukkan keadaan optimum dengan kapasitas adsorpsinya sebesar 8,982 mg/g.

Selain konsentrasi TPP, faktor lain yang dapat mempengaruhi adsorpsi yaitu lama perendaman TPP. Konsentrasi dan lama perendaman TPP dapat mempengaruhi baik struktur pori maupun morfologi dari butiran kitosan (Mi *et al.*, 2002 dalam Madjid dkk, 2015). Pada penelitian Madjid dkk (2015), mengenai adsorpsi zat warna methyl orange menggunakan kitosan-TPP dengan variasi lama perendaman 1, 3, 6, 12, dan 24 jam dan diperoleh semakin lama waktu perendaman kitosan dalam TPP, semakin meningkat pula kadar adsorbat yang teradsorpsi yaitu pada lama perendaman 12 jam menunjukkan hasil adsorpsi optimum dengan kapasitas adsorpsi sebesar $12,5 \pm 0,744$ mg/g yang menunjukkan

bahwa pada saat perendaman 12 jam tersebut kitosan mendapat proporsi pori yang sesuai dengan adsorbat.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan adsorpsi zat pewarna remazol yellow FG menggunakan butiran kitosan terikat silang tripolifosfat melalui metode batch dengan variasi konsentrasi TPP 0%, 1%, 3%, 5%, 10% dan lama perendaman TPP 3, 6, 12, 24 jam untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi melalui analisis kapasitas adsorpsinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan mengetahui karakterisasi adsorben kitosan sebelum dan sesudah proses adsorpsi menggunakan spektrometer FTIR.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi dan lama perendaman pengikat silang tripolifosfat terhadap proses adsorpsi Remazol Yellow FG oleh butiran kitosan?
2. Bagaimana karakterisasi dari adsorben kitosan pada proses adsorpsi Remazol Yellow FG menggunakan spektrometer FTIR?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman pengikat silang tripolifosfat terhadap proses adsorpsi Remazol Yellow FG oleh butiran kitosan.
2. Untuk mengetahui karakterisasi dari adsorben kitosan pada proses adsorpsi Remazol Yellow FG menggunakan spektrometer FTIR.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini, antara lain:

1. Sampel zat pewarna yang digunakan adalah remazol yellow FG komersil
2. Konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 1% dalam asam asetat 5%
3. Metode adsorpsi yang digunakan adalah metode *batch*
4. pH larutan remazol yellow yang digunakan adalah pH 6
5. Variasi konsentrasi TPP yang digunakan adalah 0%, 1%, 3%, 5%, dan 10%
6. Variasi lama perendaman yang digunakan adalah 3, 6, 12, 24 jam
7. Analisis kapasitas adsorpsi menggunakan spektrofotometer UV-Vis
8. Karakterisasi adsorben kitosan menggunakan spektrometer FTIR

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan dan kemampuan modifikasi kitosan terikat silang tripolifosfat dalam mengadsorpsi zat pewarna remazol yellow FG dengan mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman tripolifosfat sehingga pada kondisi optimum yang diperoleh nanti dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi pencemaran air dari limbah cair industri tekstil yang menggunakan zat pewarna remazol yellow FG.

BAB II

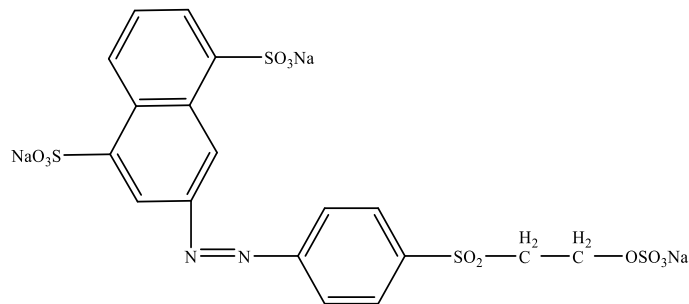
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Remazol Yellow FG

Zat warna merupakan suatu senyawa organik yang mengandung kromofor yang digunakan untuk memberikan atau mengubah warna pada suatu objek tertentu seperti kain. Zat warna dapat diperoleh dari alam (alami) ataupun secara buatan (sintetis). Zat pewarna sintetis lebih banyak digunakan dibandingkan dengan zat pewarna alami karena lebih mudah diperoleh, ketersediaan warna yang terjamin dan beragam, serta mudah dalam pengaplikasiannya. Berdasarkan strukturnya, zat warna dibagi menjadi beberapa macam yaitu azo, nitroso, nitro, stilben, difenil metana, trifenil metana, akridin, kinolin, indigoida, aminokinon, anin, dan indofenol (Al-Kdasi dkk, 2004). Zat warna dengan kromofor azo banyak digunakan dalam industri tekstil, terutama pada sektor batik yang menggunakan pewarna remazol black, red, blue, dan yellow. Selain gugus azo ($-N=N-$), gugus kromofor lain yang ada dalam zat warna pada umumnya yaitu $-C=C-$, $-C=O$, $-NO_2$ (Atmaji dkk, 1999).

Remazol yellow FG merupakan zat pewarna sintetis yang sering dijumpai dalam industri tekstil yaitu lebih dari 27,2% (Damajanti dkk, 2021). Selain harga yang terjangkau, zat pewarna ini mudah larut dalam air dan memiliki tipe warna yang cerah (Fadil dkk, 2020). Zat warna remazol yellow FG termasuk zat warna yang reaktif, karena zat warna tersebut mengandung gugus elektrofilik yang dapat bereaksi dengan nukleofilik yang ada pada serat kain membentuk ikatan kovalen yang kuat melalui reaksi adisi sehingga zat warna tersebut akan lebih tahan dari kelunturan warna (Kirk dan Othmer, 1992). Seperti zat warna reaktif lain, remazol

memiliki 3 komponen dasar yaitu zat warna, gugus perantara, dan gugus reaktif (Kirk dan Othmer, 1992). Gugus reaktif yang terkandung dalam pewarna remazol yaitu gugus sulfonat (SO_3^-) yang mana gugus tersebut mudah lepas dan akan bereaksi dengan selulosa pada kain. Adapun struktur remazol yellow FG dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan tabel karakteristik remazol yellow FG pada Tabel 2.1.



Gambar 2.1 Struktur remazol yellow FG

Tabel 2.1 Karakterisasi remazol yellow FG (Industries, 2012; Ariguna *et al.*, 2014; Damajanti *et al.*, 2021)

Parameter	Nilai
Indeks warna	Kuning 42
Struktur molekul	$\text{C}_{18}\text{H}_{13}\text{N}_2\text{S}_4\text{O}_{12}\text{Na}_3$
Berat molekul	659 g.mol^{-1}
Bentuk	Serbuk
Warna	Kuning
Bau	Tidak memiliki bau
Kromofor	Azo
Kelarutan dalam air pada 293K (g.L^{-1})	>100
pH	4,5–6,5
Densitas (kg/m^3)	600–800

Dalam industri tekstil, remazol yellow FG dimanfaatkan sebagai salah satu pewarna kain pada proses pewarnaan (*coloring process*). Zat pewarna remazol yellow FG hanya terpakai sedikit pada saat proses pewarnaan dan menyisakan sekitar 15-20% zat pewarna yang akan dibuang sebagai limbah (World Bank Group, 1998 dalam Chatterjee *et al.*, 2008). Limbah yang berasal dari remazol

yellow FG sulit untuk diuraikan karena adanya senyawa aromatik azo ($-N=N-$) yang kompleks dan stabil sebagai penyusunnya sehingga dalam jangka panjang akan berdampak buruk pada lingkungan, seperti apabila limbah cair tersebut langsung dibuang ke perairan maka akan meningkatkan *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD) yang menyebabkan penurunan kualitas air. Gugus kromofor pada zat warna juga menyebabkan limbah cair tekstil yang telah jernih akan menjadi berwarna kembali setelah mengalami oksidasi melalui reaksi dengan udara (Abdullah, 2010). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak-dampak merugikan tersebut yaitu dengan melakukan penanganan limbah cair terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke lingkungan. Pengolahan limbah cair zat warna dapat dilakukan dengan menurunkan kadar warnanya menggunakan metode adsorpsi yang memiliki efektifitas yang baik dalam penanganan limbahnya.

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat (partikel adsorpsi) pada permukaan adsorben (media adsorpsi) yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben (Oscik, 1982). Metode adsorpsi dapat menurunkan kadar warna dari zat pewarna dalam pengolahan limbah cair. Metode adsorpsi banyak digunakan dalam penanganan limbah dibandingkan dengan metode yang lain karena pengerjaan metode adsorpsi yang sederhana, mudah, biaya operasional rendah, dan memiliki efisiensi yang cukup tinggi (Kusumawardani dkk, 2018). Metode ini dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu konsentrasi adsorbat, pH, suhu, waktu kontak, dan luas permukaan adsorben (Cechinel *et al.*, 2014).

Metode adsorpsi terbagi menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika (fisisorpsi) dan kimia (kemisorpsi). Adsorpsi fisika yaitu adanya gaya tarik menarik antara zat padat dengan zat yang diserap (*Van Der Waals*) dan mudah lepas kembali (*reversible*), sedangkan adsorpsi kimia yaitu adanya ikatan yang membentuk suatu reaksi kimia yang mana akan menghasilkan suatu senyawa baru. Ikatan pada adsorpsi kimia lebih kuat sehingga sukar untuk lepas kembali atau *irreversible* (Masruhin dkk, 2018). Adapun kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 untuk mengetahui kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi suatu zat (Estiaty, 2012).

$$Q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V \dots\dots\dots (2.1)$$

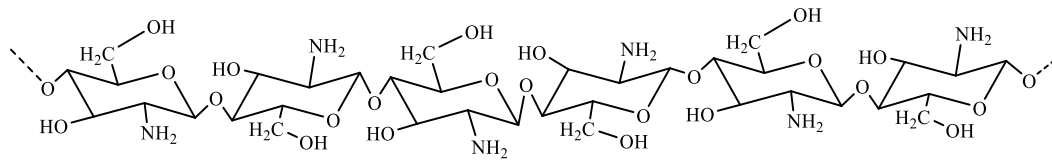
Dengan Q_e adalah jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g), C_o adalah konsentrasi mula (mg/L atau ppm), C_e adalah konsentrasi sampel setelah adsorpsi (mg/L atau ppm), V adalah volume sampel (L), dan m adalah massa adsorben (g).

Penanganan limbah remazol yellow FG menggunakan metode adsorpsi telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Berdasarkan penelitian Abdullah (2010), yang memaparkan bahwa adsorpsi remazol yellow FG menggunakan adsorben semen portland diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 0,21774 mg/g. Penelitian Kusumaningsih dkk (2006), pada adsorpsi remazol yellow FG menggunakan adsorben alang-alang diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 7,851 mg/g.

2.3 Kitosan

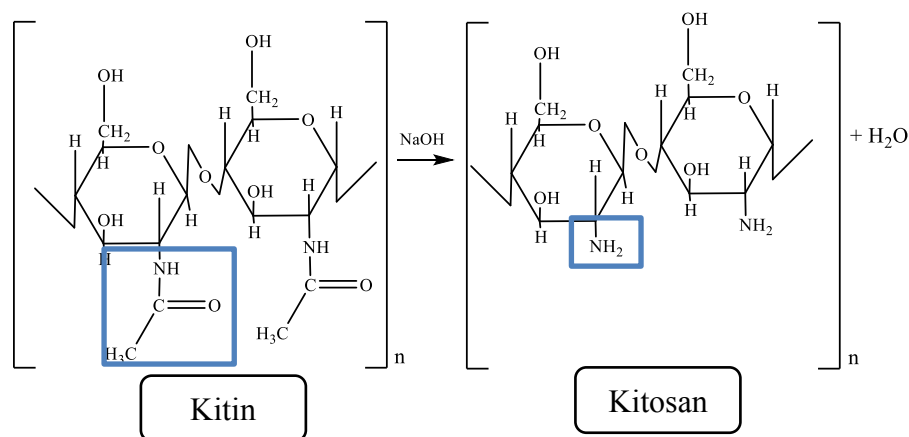
Kitosan merupakan polisakarida turunan dari senyawa kitin dengan nama kimia *poli-β-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose* yang bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, dan tidak beracun (Basir dkk, 2017). Dalam kelompok polisakarida, senyawa kitin sendiri jumlahnya sangat melimpah di alam dengan

urutan kedua setelah selulosa. Senyawa kitin ini dapat ditemukan pada hewan seperti kerang, kepiting, dan udang yang diambil melalui limbah cangkangnya.



Gambar 2.2 Struktur kitosan

Kitosan memiliki bentuk padatan amorf, berwarna putih kekuningan, tidak memiliki bau, bersifat polielektrolit, tidak larut dalam air, basa kuat, H_2SO_4 , alkohol, dan aseton, tetapi dapat larut dalam asam organik pada pH 4-6,5, dan sedikit larut dalam HNO_3 , HCl , serta larut dalam asam lemah (Setha dkk, 2019; Savitri dkk, 2010). Kitosan memiliki kemampuan sebagai adsorben karena sisi aktif kitosan (hidroksi dan amina) bersifat basa lewis (donor PEB). Untuk memperoleh senyawa kitosan perlu dilakukan beberapa tahapan, yaitu diawali dengan isolasi kitin dari cangkang hewan melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan depigmentasi, kemudian kitin diubah menjadi kitosan melalui proses deasetilasi. Adapun reaksi yang terjadi pada saat proses deasetilasi seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Reaksi deasetilasi kitin menjadi kitosan (Stamford *et al.*, 2015)

Kitosan dikatakan berhasil disintesis dari kitin apabila nilai derajat deasetilasi (DD) yang diperoleh sekitar 70% (Muzzarelli, 1985). Dalam proses adsorpsi, kitosan akan berperan sebagai adsorben atau media adsorpsi. Pemilihan kitosan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi dikarenakan kitosan memiliki kapasitas adsorpsi tinggi, biaya bahan yang murah karena dapat diperoleh dari alam melalui limbah cangkang yang mengandung kitin, memiliki selektifitas tinggi, afinitas tinggi, dan mudah dimodifikasi. Hal inilah yang menjadikan kitosan memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan adsorben lain seperti karbon aktif, biomassa jamur atau bakteri, silika, gambut, zeolit, limbah padat pertanian, dan tanah liat (Crini dan Badot, 2008). Kitosan hasil deasetilasi dari kitin memiliki gugus aktif berupa gugus amina dan hidroksil (NH_2 dan OH) yang akan berinteraksi dengan zat warna maupun ion logam sehingga dapat dimanfaatkan dalam penurunan kadar limbah baik limbah yang berasal dari zat warna maupun limbah logam berat melalui proses adsorpsi (Pramesti dkk, 2012; Sedyadi dan Khaerul, 2016).

Penelitian mengenai pemanfaatan kitosan sebagai adsorben telah banyak dilakukan baik sebagai adsorben limbah logam berat maupun limbah zat pewarna. Penelitian Rahayu dkk (2020), yang meneliti adsorpsi ion Cr(III) oleh kitosan hasil isolasi dari kepiting rajungan dan kitosan komersil diperoleh optimum pada 5 ppm dengan masing-masing presentase teradsorpsi 98,64% dan 99,312%. Peneliti Iriana dkk (2018), memaparkan bahwa adsorpsi Pb menggunakan kitosan dari cangkang udang mencapai 94,97%. Peneliti Safitri dan Maya (2020), memaparkan adsorpsi remazol red limbah dari industri batik menggunakan kitosan menurunkan konsentrasi warna 100% dan menurunkan COD sebesar

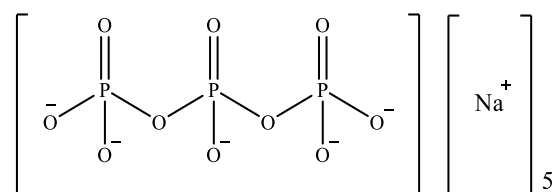
71,69%. Peneliti Tanasale dkk (2012), juga memaparkan kapasitas adsorpsi zat warna biru metilena oleh kitosan dari kulit kepiting rajungan sebesar 4,20 mg/g.

2.4 Modifikasi Kitosan dengan Konsentrasi Tripolifosfat

Modifikasi kitosan dilakukan dengan tujuan untuk mengoptimalkan kitosan sebagai adsorben agar mendapatkan hasil yang optimum saat proses adsorpsi suatu zat. Modifikasi kitosan dapat dilakukan dengan modifikasi fisika dan kimia. Bentuk kitosan secara umum adalah serbuk, serat, film, butiran, serpihan, kapsul, dan membran. Liu *et al.* (2022), memaparkan bahwa kitosan serbuk setelah digunakan adsorpsi susah untuk dipisahkan dan digunakan kembali karena ukurannya yang sangat kecil. Bentuk kitosan serbuk dan serpihan juga kurang disukai karena stabilitas dan densitas yang rendah sehingga biasanya dilakukan modifikasi kitosan dalam bentuk membran, butiran, dan bentuk non-konvensional yang lain (Srimoon dan Potipat, 2021).

Modifikasi kitosan secara fisika salah satunya adalah mengubah bentuk kitosan menjadi butiran menggunakan agen pengikat silang tripolifosfat. Modifikasi dengan penambahan TPP sebagai agen ikat silang akan berpengaruh pada meningkatnya stabilitas kitosan. Hal ini dikarenakan tripolifosfat (TPP) berinteraksi dengan kitosan melalui intermolekular dan intramolekular. Interaksi intramolekular TPP akan memperbanyak pori yang terbentuk, dan interaksi intermolekular TPP akan membentuk partikulat yang mengakibatkan butirannya akan semakin kaku (*rigid*) (Madjid dkk, 2015). Adanya modifikasi kitosan menggunakan pengikat silang tripolifosfat juga akan menambah gugus aktif adsorben dengan menyumbang 5 gugus hidroksil sebagai donor elektron sehingga kemampuan adsorpsinya akan meningkat (Khabibi dkk, 2021).

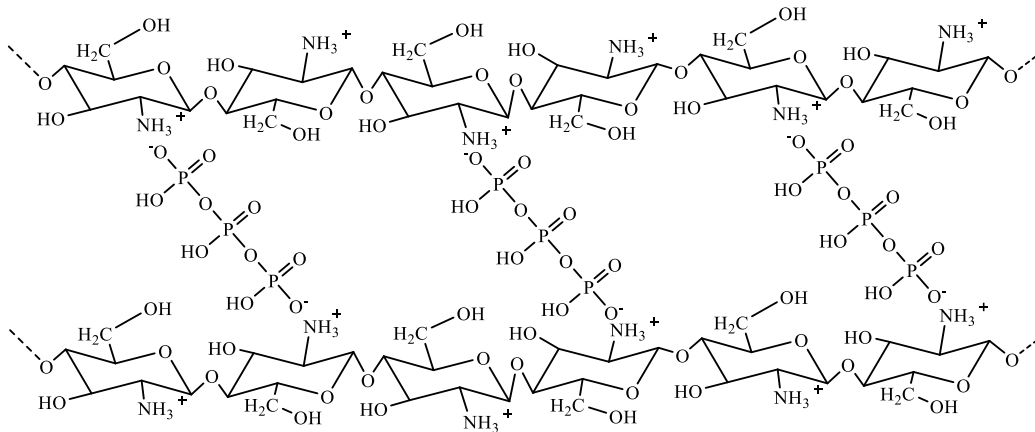
Tripolifosfat (TPP) merupakan agen pengikat silang ionik yang aman, tidak beracun, murah, dapat menstabilkan, dan memperkecil ukuran kitosan (Rahayu dan Khabibi, 2016). Pemilihan TPP sebagai agen ikat silang karena sifatnya yang tidak beracun, berbeda dengan ikat silang lain seperti glutaraldehid (GLA), epiklorohidrin (ECH), glioksal (GO), Etilen glikol diglisidil eter (EGDE) yang meskipun memiliki efisiensi tinggi tetapi memiliki efek buruk karena memiliki sifat bahaya dan beracun (Babakhani dan Sartaj, 2020). Menurut penelitian Pieróg *et al* (2009), mengenai efek ikat silang ionik pada aktivitas *swelling* kitosan *hydrogel* membran pada kondisi asam dan diperoleh bahwa kitosan-TPP memiliki derajat *swelling* paling rendah dengan urutan kitosan-TPP > kitosan-CIT > kitosan-asam sulfat > kitosan. Penelitian Worthen *et al.* (2019), memaparkan bahwa kitosan-TPP memiliki kestabilan dalam larutan asam tertinggi dibandingkan dengan alkali NaOH, maupun surfaktan (SDS) *carpate*, dan *laurate*, serta kitosan-NaOH memiliki kestabilan paling rendah. Penelitian Filipkowska (2016), memaparkan bahwa adsorpsi RB 5 menggunakan kitosan-pentasodium TPP lebih efisien dan optimum dibandingkan dengan kitosan-GLA dan kitosan tanpa ikat-silang.



Gambar 2.4 Struktur tripolifosfat (Li *et al.*, 2011)

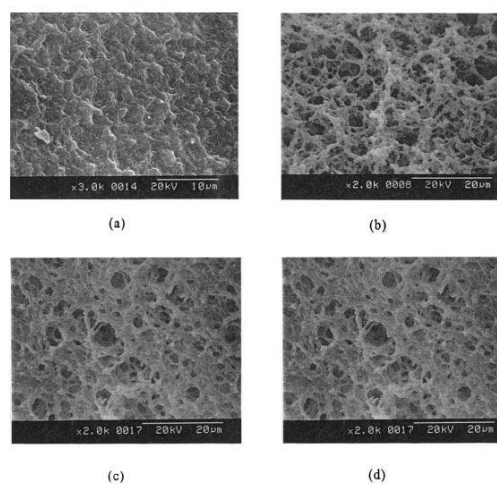
Ikatan silang kitosan dan tripolifosfat terjadi melalui interaksi ionik antara ion ammonium (NH_3^+) yang dimiliki kitosan dengan ion fosfat ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$) dari TPP seperti pada Gambar 2.5. Kitosan yang terikat silang TPP akan memiliki bentuk

yang lebih kaku dibandingkan dengan kitosan tanpa adanya modifikasi ikat silang karena konsentrasi TPP mempengaruhi pori kitosan (Madjid dkk, 2015).



Gambar 2.5 Struktur kitosan terikat silang TPP (Husniati dan Eva, 2014)

Penelitian modifikasi kitosan-TPP telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada adsorpsi limbah logam Ni(II) menggunakan kitosan-TPP dan diperoleh adsorpsi optimum sebanyak 50,536% pada waktu kontak 80 menit dan menurun setelahnya yang mengindikasikan bahwa kondisi butiran sudah jenuh oleh logam Ni(II) (Kurniasih dkk, 2018). Ukuran butiran kitosan akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya penambahan konsentrasi TPP.

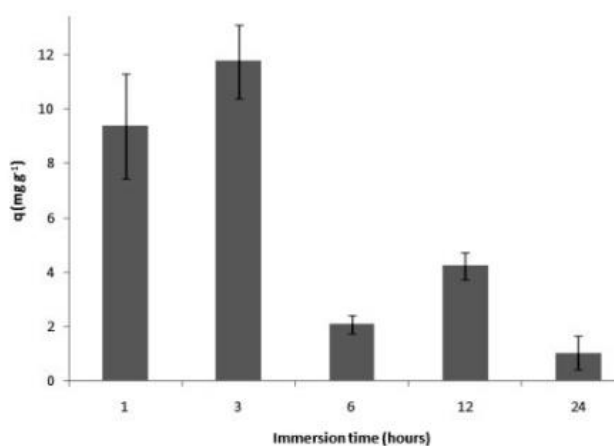


Gambar 2.6 Morfologi butiran kitosan dengan variasi konsentrasi TPP (a) 8%, (b) 5%, (c) 3%, dan (d) 1%

Seperti pada Gambar 2.6 di atas yang merupakan hasil penelitian Mi *et al.* (2002), peneliti memvisualisasikan butiran kitosan dengan variasi konsentrasi TPP 8, 5, 3, dan 1% menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui perbedaan morfologinya dan diperoleh hasil bahwa dengan meningkatnya konsentrasi TPP juga akan meningkatkan kerapatan pori adsorben butiran kitosan.

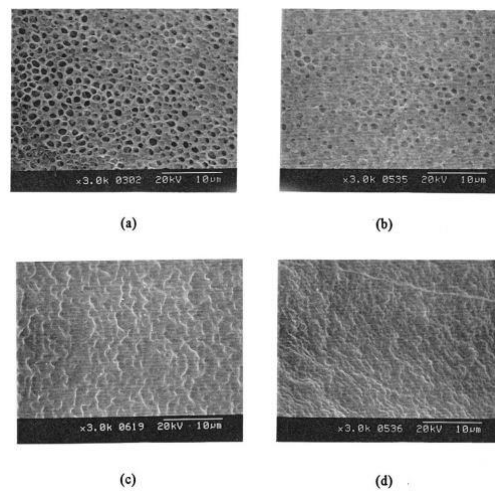
2.5 Modifikasi Kitosan dengan Lama Perendaman Tripolifosfat

Lama perendaman tripolifosfat juga memiliki pengaruh pada butiran kitosan. Modifikasi kitosan dengan variasi lama perendaman akan mempengaruhi morfologi pori butiran kitosan (Madjid dkk, 2015). Menurut penelitian Nitsae *et al.* (2016), peningkatan lama perendaman mengakibatkan butiran kitosan semakin kaku yaitu pada butiran dengan lama perendaman 1 jam memiliki bentuk yang masih *flake* atau serpihan yang mengindikasikan butiran tersebut belum terbentuk sempurna, pada butiran dengan lama perendaman 3 jam menunjukkan kondisi optimum kitosan dalam mengadsorpsi logam Cr(VI), sedangkan pada butiran di atas 3 jam memiliki bentuk butiran yang lebih kaku yang menyebabkan berkurangnya interaksi dengan logam.



Gambar 2.7 Grafik variasi lama perendaman TPP

Visualisasi perbedaan lama perendaman TPP menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) telah dilakukan oleh Mi *et al.* (2002) yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 dengan lama perendaman 10 detik, 20 detik, 1 menit, dan 5 menit. Visual morfologi halus yang tampak pada SEM tersebut mengindikasikan bahwa semakin halus morfologi butiran kitosan maka struktur butirannya semakin rapat atau kaku.



Gambar 2.8 Morfologi butiran kitosan dengan variasi lama perendaman (a) 10 detik, (b) 20 detik, (c) 1 menit, dan (d) 5 menit

2.6 Analisis Adsorpsi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan teknik analisis yang memanfaatkan radiasi elektromagnetik UV dan *Visible* pada panjang gelombang 200–800 nm yang mengakibatkan transisi elektronik pada sampel. Analisis kualitatif dengan teknik ini dapat diperoleh panjang gelombang maksimum dari senyawa sampel (Mulja dan Suharman, 1995). Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum, serta dibuat grafik hubungan antara konsentrasi (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y).

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis yaitu suatu sinar/cahaya yang dilewatkan suatu larutan sampel pada panjang gelombang tertentu, sehingga sinar tersebut sebagian ada yang diteruskan dan sebagian lainnya diserap oleh larutan (Warono dan Syamsudin, 2013). Prinsip tersebut berdasarkan hukum Lambert-Beer seperti pada Persamaan 2.2 (Dachriyanus, 2004).

$$A = \epsilon bC \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan A adalah serapan atau absorbansi, ϵ adalah koefisien ekstingsi molar ($M^{-1} \text{ cm}^{-1}$), b adalah tebal larutan (cm), dan C adalah konsentrasi (gram/100 mL).

Sampel yang akan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis adalah sampel dengan bentuk larutan. Molekul dalam sampel akan menyerap cahaya dan menyebabkan elektron tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya kromofor. Kromofor merupakan gugus tak jenuh yang ada pada ikatan kovalen ($C=O$, $C=C$, dan NO_2) (Dachriyanus, 2004). Spektrofotometer UV-Vis digunakan dalam analisis kolorimetri atau larutan berwarna yang akan ditentukan konsentrasinya berdasarkan intensitas warna larutannya, sedangkan apabila suatu larutan tidak berwarna maka ditambahkan suatu reagen agar memberikan warna pada larutan tersebut sebelum dianalisis. Hasil dari spektrofotometer berupa data absorbansi. Data absorbansi tersebut merupakan data kuantitatif yang dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi remazol yellow FG. Penelitian Kusumaningsih dkk (2006), memaparkan bahwa adsorpsi remazol yellow FG dilakukan pada spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm.

2.7 Karakterisasi Adsorben Kitosan Menggunakan Spektrometer FTIR

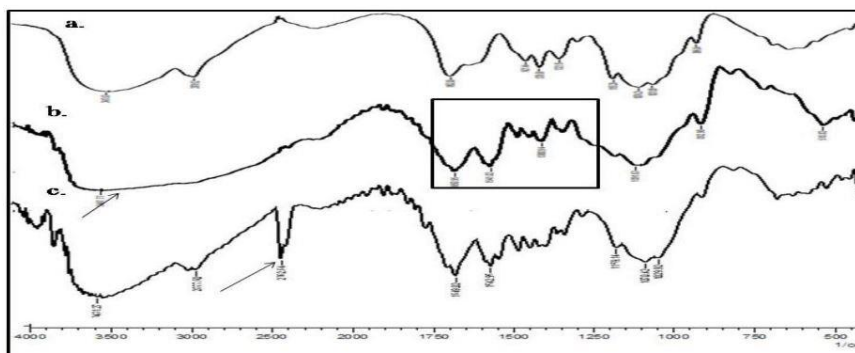
Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merupakan instrumen spektrofotometer inframerah yang dilengkapi *Fourier Transform* yang digunakan untuk analisis kualitatif dengan mengenali gugus fungsional yang terkandung dari suatu senyawa yang didasarkan pada hasil absorbansi inframerah yang dilewatkan pada senyawa sampel. Senyawa-senyawa dapat dibedakan dengan FTIR karena pola absorbansi tiap gugus fungsi senyawa itu berbeda (Sankari *et al.*, 2010).

Hampir semua senyawa yang berikatan kovalen akan menyerap frekuensi radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum inframerah, baik itu organik ataupun anorganik. Tipe transisi energi dari inframerah adalah vibrasi (*stretching* dan *bending*). Molekul organik dalam suhu biasa memiliki vibrasi tetap dan menyerap sinar pada frekuensi tertentu. Molekul akan tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi ketika berinteraksi dengan radiasi inframerah. (Sastrohamidjojo, 2019).

Penanganan sampel yang akan dianalisis pada spektrofotometer ini menyesuaikan bentuk sampelnya. Untuk sampel yang berupa padatan (amorf, serbuk, kristal), analisisnya dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu menggunakan pellet KBr, mull, atau bentuk film/lapisan tipis. Gugus fungsi sampel dianalisis pada serapan $4000\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ yang dikenal sebagai daerah sidik jari (*finger print*). Serapan yang muncul pada $1400\text{--}900\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan kompleks dan tidak perlu untuk diinterpretasikan. Gugus fungsi yang dapat diidentifikasi yaitu alkana, alkena, alkuna, cincin aromatik, alkohol dan fenol, eter, ester, aldehida,

keton, asam karboksilat, amida, klorida asam, anhidrida, amina, nitril, nitro, garam karboksilat dan garam amina (Sastrohamidjojo, 2019).

Karakterisasi kitosan menggunakan spektrometer FTIR telah banyak dilakukan. Seperti pada Gambar 2.9, spektra FTIR dari penelitian Madjid *et al.*, (2016) mengenai pengaruh penambahan tripolifosfat pada kitosan *beads* untuk adsorpsi *methyl orange* dan dihasilkan beberapa serapan yaitu serapan OH⁻ sekitar 3400 cm⁻¹, serapan NH₂ pada 1250–1500 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus amina kitosan, dan serapan pada 2362 cm⁻¹ yang merupakan hasil adsorpsi *methyl orange*. Penelitian Lusiana *et al.* (2017), memaparkan bahwa keberhasilan pengikat silangan antara kitosan-TPP dapat dilihat dari adanya 2 serapan pada 1000–1300 cm⁻¹ yang merupakan gugus –PO₃ tetapi untuk perbedaan spektra antar konsentrasi TPP tidak dapat terlihat secara signifikan baik dari serapan maupun intensitasnya. Penelitian Kurniawati *dkk* (2018), memaparkan bahwa pada adsorpsi remazol yellow menggunakan kitosan-asam askorbat terdapat serapan –N=N- (senyawa azo) pada bilangan gelombang 1623,37 cm⁻¹ dan serapan sulfonat rentang (SO₃⁻) pada bilangan gelombang 1154,54 cm⁻¹ yang menunjukkan indikasi adanya zat warna remazol yellow.



Gambar 2.9 Spektra FTIR dari (a) kitosan serbuk, (b) butiran kitosan sebelum adsorpsi, dan (c) butiran kitosan setelah adsorpsi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dengan judul “Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman TPP dalam Pembuatan Butiran Kitosan untuk Optimasi Adsorpsi Remazol Yellow FG” ini telah dilaksanakan pada tanggal 22 Juli – 07 Oktober 2022 di Laboratorium Kimia Analitik Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *syringe*, cawan petri, spatula, batang pengaduk, pipet tetes, gelas beker 100 mL, gelas ukur 100 mL, pipet volume 0,5; 1; 2; 5; 10 mL, labu takar 100 mL, labu takar 25 mL, corong gelas, erlenmeyer 250 mL, gelas arloji, rak dan tabung reaksi, bola hisap, *magnetic stirrer*, *hotplate stirrer*, alat *shaker*, pH meter, neraca analitik, oven, spektrofotometer UV-Vis, dan spektrometer FTIR.

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan komersil, tripolifosfat, CH₃COOH p.a (asam asetat glasial) 100%, NaOH p.a 2M, HCl p.a 0,1M, HCl p.a 0,01M, akuades, remazol yellow FG, aluminium foil, dan kertas saring.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini antara lain:

1. Penentuan panjang gelombang maksimum remazol yellow FG
2. Pembuatan kurva standar remazol yellow FG
3. Pengaruh konsentrasi TPP terhadap adsorpsi remazol yellow FG
 - 3.1. Preparasi butiran kitosan dengan variasi konsentrasi TPP
 - 3.2. Adsorpsi remazol yellow FG dengan variasi konsentrasi TPP
4. Pengaruh lama perendaman terhadap adsorpsi remazol yellow FG
 - 4.1. Preparasi butiran kitosan dengan variasi lama perendaman
 - 4.2. Adsorpsi remazol yellow FG dengan variasi lama perendaman
5. Karakterisasi adsorben kitosan menggunakan spektrometer FTIR
6. Analisis Data

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remazol Yellow FG

Dibuat larutan induk remazol yellow FG 1000 ppm dengan dilarutkan 0,1 gram remazol yellow FG dalam 100 mL akuades. Kemudian larutan induk diencerkan menjadi 100 ppm sebagai larutan kerja. Selanjutnya larutan kerja diencerkan kembali menjadi 20 ppm, lalu dimasukkan ke kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada variasi panjang gelombang antara 200–800 nm.

3.4.2 Pembuatan Kurva Standar Remazol Yellow FG

Dibuat larutan remazol yellow FG dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm dari larutan induk masing-masing dalam volume 10 mL.

Kemudian diukur absorbansi dari masing-masing larutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum yang dihasilkan dari tahap sebelumnya. Dibuat kurva absorbansi dengan memplotkan konsentrasi dan hasil absorbansi ke dalam persamaan $y = ax + b$ (Kusumaningsih *et al.*, 2006).

3.4.3 Pengaruh Konsentrasi TPP terhadap Remazol Yellow FG

3.4.3.1 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Konsentrasi TPP

Sebanyak 1 gram serbuk kitosan dilarutkan ke dalam 100 mL larutan asam asetat 5% (v/v), diaduk, dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian diteteskan 5 mL larutan kitosan ke dalam 10 mL masing-masing variasi konsentrasi TPP (0%, 1%, 3%, 5%, 10%) menggunakan *syringe* secara bertahap, lalu didiamkan campuran dengan lama perendaman 3 jam. Variasi konsentrasi TPP 0% dibuat menggunakan NaOH 2M dengan perlakuan sama seperti variasi TPP 1-10%. Setelah itu, disaring butiran kitosan basah menggunakan kertas saring, lalu dibilas menggunakan akuades secara berulang. Selanjutnya butiran kitosan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C (babakhani dan Sartaj, 2020; Madjid *et al.*, 2015).

3.4.3.2 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Konsentrasi TPP

Proses adsorpsi zat dilakukan dengan metode *batch*. Sebanyak 0,05 gram kitosan-TPP dengan variasi konsentrasi TPP 0%, 1%, 3%, 5%, dan 10% diinteraksikan dengan 25 mL larutan remazol yellow FG 20 ppm yang telah dikondisikan pada pH 6. Setelah itu, campuran di-*shaker* selama 2 jam pada kecepatan 100 rpm (Sedyadi dan Khaerul, 2016; Madjid *et al.*, 2015). Selanjutnya, dipisahkan filtrat dan residunya menggunakan kertas saring, lalu diukur

absorbansi masing-masing filtrat menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Perlakuan ini diulang sebanyak 3 kali perulangan (*triplo*).

Data absorbansi dari masing-masing sampel diplotkan ke dalam kurva dengan persamaan $y=ax+b$. Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap zat pewarna remazol yellow FG menggunakan Persamaan 3.1.

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \dots\dots\dots (3.1)$$

3.4.4 Pengaruh Lama Perendaman terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG

3.4.4.1 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Lama Perendaman

Sebanyak 1 gram serbuk kitosan dilarutkan ke dalam 100 mL larutan asam asetat 5% (v/v), diaduk dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian diteteskan 5 mL larutan kitosan ke dalam 10 mL konsentrasi %TPP optimum yang telah diperoleh sebelumnya menggunakan *syringe* secara bertahap, lalu didiamkan campuran dengan variasi lama perendaman 3, 6, 12, dan 24 jam. Setelah itu, butiran kitosan basah disaring menggunakan kertas saring, lalu dibilas menggunakan akuades secara berulang. Kemudian butiran kitosan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C (Madjid *et al.*, 2015).

3.4.4.2 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Lama Perendaman

Proses adsorpsi zat dilakukan dengan metode *batch*. Sebanyak 0,05 gram kitosan-TPP dengan variasi %TPP optimum dengan variasi lama perendaman 3, 6, 12, dan 24 jam diinteraksikan dengan 25 mL larutan remazol yellow FG 20 ppm yang telah dikondisikan pada pH 6. Selanjutnya campuran di-*shaker* selama 2 jam

pada kecepatan 100 rpm (Sedyadi dan Khaerul, 2016; Madjid *et al.*, 2016). Setelah itu dipisahkan filtrat dan residunya menggunakan kertas saring, lalu diukur absorbansi masing-masing filtrat menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Perlakuan ini diulang sebanyak 3 kali perulangan (*triplo*).

Data absorbansi dari masing-masing sampel diplotkan ke dalam kurva dengan persamaan $y=ax+b$. Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap zat pewarna remazol yellow FG menggunakan Persamaan 3.2.

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \dots\dots\dots (3.2)$$

3.4.5 Karakterisasi Adsorben Kitosan menggunakan Spektrometer FTIR

Dibuat pelet dengan menggerus masing-masing serbuk dan butiran kitosan bersama dengan serbuk KBr. Kemudian pelet KBr diuji pada bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} (Laili dkk, 2014). Pengujian dilakukan pada kitosan serbuk, butiran kitosan sebelum dan setelah adsorpsi remazol yellow FG. Data hasil FTIR berupa spektra FTIR yang selanjutnya akan dianalisis gugus fungsi yang terkandung dalam serbuk dan butiran kitosan.

3.4.6 Analisis Data

Data kapasitas adsorpsi remazol yellow FG yang diperoleh dari masing-masing variasi dianalisis menggunakan varian *One-Way* ANOVA dan dilanjutkan uji BNT dengan taraf signifikansi 5% untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap adsorpsi remazol yellow FG.

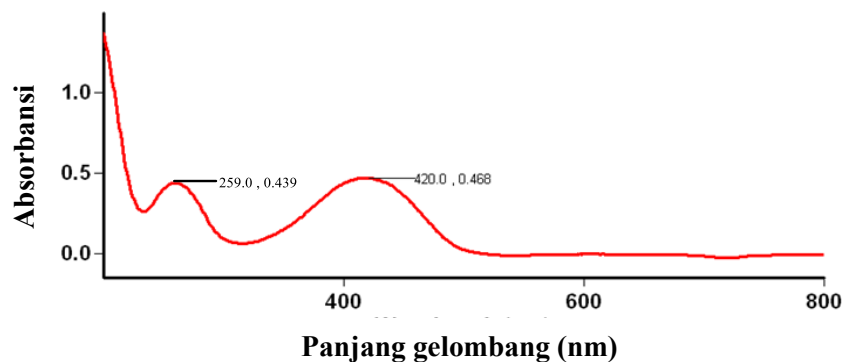
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Remazol Yellow FG menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remazol Yellow FG

Panjang gelombang maksimum (λ_{max}) merupakan panjang gelombang dari suatu senyawa yang menghasilkan serapan optimum yang ditandai dengan nilai absorbansi paling besar. Panjang gelombang maksimum digunakan untuk pengukuran sampel karena pada λ_{max} , pengukuran akan lebih sensitif, akurat, dan dapat meminimalisir adanya kesalahan. Pengukuran panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dikarenakan sampel yang diuji, dalam hal ini adalah zat pewarna remazol yellow FG, memiliki kromofor gugus azo yang dapat menyerap sinar dengan kuat di daerah UV-Vis. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh panjang gelombang maksimum dari remazol yellow FG sebesar 420 nm seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spektrum panjang gelombang remazol yellow FG

Terdapat dua serapan pada spektra UV-Vis larutan remazol yellow FG yang dilarutkan dalam akuades yaitu 259 nm dan 420 nm. Panjang gelombang maksimum dengan serapan terkuat diperoleh pada daerah 420 nm, yang

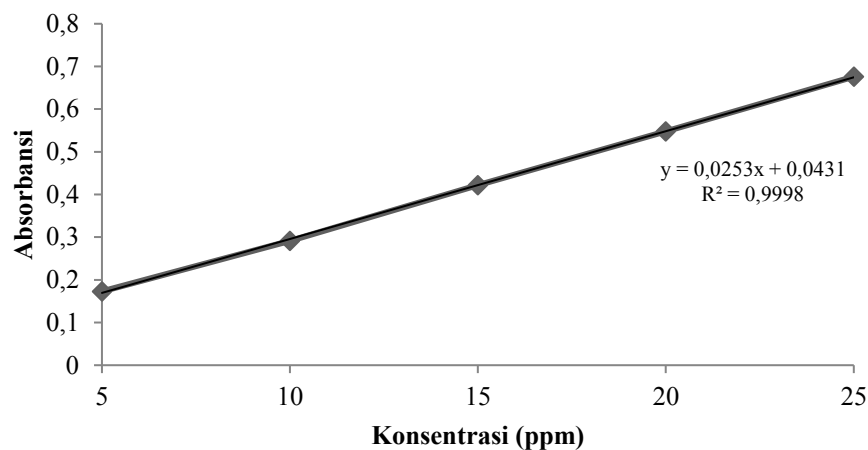
mengindikasikan bahwa zat warna remazol yellow FG mengandung kromofor azo dengan transisi $n-\pi^*$ dan $\pi-\pi^*$ (N=N) dan memiliki warna kuning sebagai warna komplementer dan menyerap pada daerah tampak atau *visible* warna ungu karena warna ungu berada di rentang 400-420 nm (Shabir *et al.*, 2021, Aldabib dan Mohamed, 2020). Hal ini juga dikuatkan dengan penelitian Kusumaningsih, dkk (2006) yang memperoleh λ_{max} remazol yellow FG sebesar 420 nm. Absorbansi rendah pada daerah *ultraviolet* (UV) 259 nm yang terdapat pada spektra UV-Vis tersebut mengindikasikan adanya transisi $\pi-\pi^*$ yang berasal dari cincin aromatik yang ada pada struktur remazol yellow FG (Daneshvar *et al.*, 2008).

4.1.2 Pembuatan Kurva Standar Remazol Yellow FG

Pembuatan kurva standar atau kurva kalibrasi adalah salah satu cara untuk menentukan konsentrasi sampel yang akan dianalisis yang sebelumnya tidak diketahui jumlah konsentrasinya. Larutan standar dibuat dengan pengenceran larutan induk menjadi beberapa variasi konsentrasi yaitu 0 (blanko), 5, 10, 15, 20, 25 ppm yang diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum remazol yellow FG yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya, yaitu 420 nm. Hasil absorbansi dari keseluruhan variasi konsentrasi diplotkan ke dalam kurva standar pada Gambar 4.2.

Pada kurva standar remazol yellow FG (Gambar 4.2), diperoleh persamaan regresi linear yaitu $y = 0,0253 x + 0,0431$ dengan nilai koefisien determinan (R^2) sebesar 0,9998. Persamaan regresi linear ini digunakan dalam menentukan konsentrasi sebelum dan sesudah proses adsorpsi remazol yellow FG pada tahap selanjutnya. Nilai pada kurva standar menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi remazol yellow FG, maka semakin besar juga absorbansi yang

dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer yaitu konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi (Hardjono, 2019).



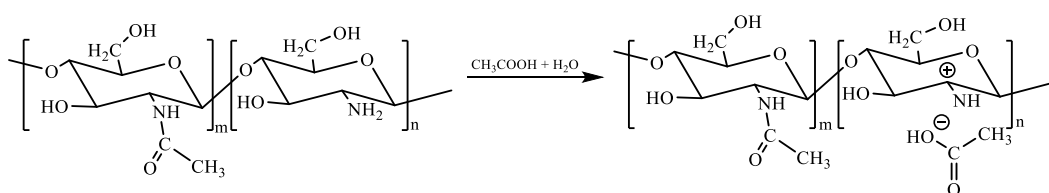
Gambar 4.2 Kurva standar remazol yellow FG

4.2 Pembuatan Adsorben Butiran Kitosan

Pembuatan butiran kitosan diawali dengan pelarutan kitosan serbuk ke dalam asam asetat 5% dan didiamkan selama 24 jam. Pemilihan asam asetat sebagai pelarut kitosan dikarenakan kitosan hanya larut dalam asam lemah, tidak larut dalam pH netral, basa kuat, maupun asam sulfat (Dwiyitno, dkk, 2004; Bahri, dkk, 2015). Larutan kitosan didiamkan selama 24 jam bertujuan untuk memastikan agar kitosan larut sempurna dalam pelarut asam asetat. Hasil dari proses ini adalah larutan kitosan kental (gel) dengan warna bening putih kekuningan (yellowish-white).

Pelarutan kitosan dalam asam asetat menyebabkan adanya reaksi protonasi, yaitu adanya reaksi antara asam asetat dengan kitosan melalui penambahan H^+ dari gugus karbonil asam asetat terhadap gugus amina kitosan sehingga mengubah gugus amina bebas NH_2 kitosan menjadi kation NH_3^+ seperti pada Persamaan 4.1 dan Gambar 4.3. Gugus aktif amina lebih berperan pada

reaksi protonasi kitosan dibandingkan gugus hidroksil dikarenakan daya tarik dari pasangan elektron bebas (PEB) atom O ke inti lebih kuat dibandingkan dengan atom N sehingga atom N lebih cenderung untuk menyumbangkan PEB (Jin dan Bai, 2002).

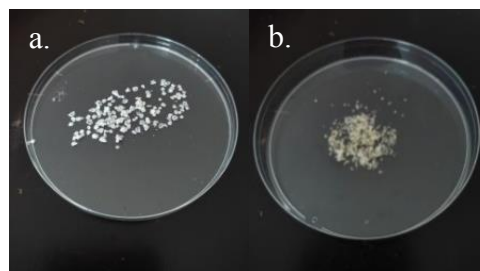


Gambar 4.3 Reaksi protonasi kitosan dengan asam asetat (Zhang *et al.*, 2019)

Setelah itu, larutan kitosan diinteraksikan dengan agen pengikat silang tripolifosfat (TPP) dengan meneteskan larutan kitosan menggunakan *syringe* dalam variasi konsentrasi larutan TPP. Setelah direaksikan antara kitosan dengan TPP, kemudian didiamkan atau direndam dengan variasi lama perendaman untuk memaksimalkan proses pengikatan silang. Selanjutnya, butiran kitosan basah yang dihasilkan disaring untuk memisahkan antara cairan (TPP) dan padatan (butiran kitosan basah). Setelah itu, butiran kitosan dicuci menggunakan akuades secara berulang kali untuk memastikan agar sisa TPP tidak berinteraksi kembali dengan gugus aktif kitosan dan sudah benar-benar hilang dari butiran kitosan (Alauhdin dan Widiarti, 2014). Selanjutnya, butiran kitosan basah dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105oC untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam butiran kitosan agar nantinya proses difusi adsorbat remazol yellow FG ke dalam butiran kitosan lebih maksimal. Butiran kitosan kering seperti pada Gambar 4.4.

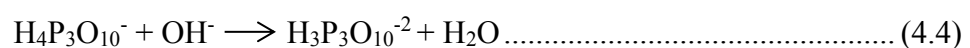
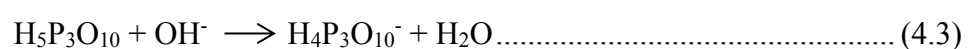
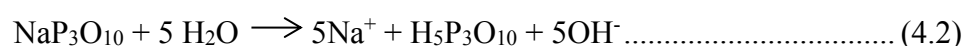
Modifikasi kitosan pada penelitian ini yaitu dengan mengubah bentuk kitosan menjadi butiran. Tujuan dari modifikasi kitosan ini adalah untuk

meningkatkan stabilitas kitosan dalam proses adsorpsi. Kitosan bentuk butiran memiliki kelebihan dibandingkan kitosan serbuk, yaitu lebih stabil, dapat diregenerasi (regenerated), dan digunakan kembali (reused) (Kyaw *et al.*, 2011; Laus *et al.*, 2011). Pembuatan butiran kitosan dapat dilakukan menggunakan NaOH dan agen pengikat silang tripolifosfat (TPP). Pada proses pembentukan butiran kitosan, kitosan gel hasil protonasi dengan asam asetat akan dinetralkan dengan alkali (NaOH atau larutan tripolifosfat) sehingga larutan kitosan gel (kental) akan mengalami koagulasi dengan seragam menjadi butiran gel, dan kitosan akan mengalami re-polimerisasi dan diharapkan polimer tersebut pada dapat lebih tertata sehingga struktur kitosan akan lebih baik dan teratur (Cahyaningrum, 2008).

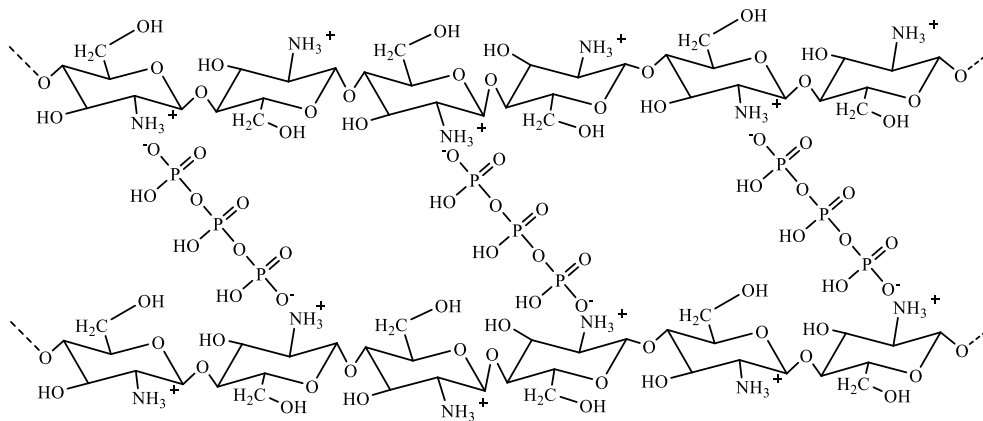


Gambar 4.4 Butiran kitosan-NaOH (a), butiran kitosan-TPP (b)

Pembentukan butiran kitosan pada penelitian ini dilakukan menggunakan NaOH dan TPP untuk mengetahui perbedaan kapasitas butiran kitosan dalam mengadsorpsi adsorbat remazol yellow FG. Ketika TPP dilarutkan dalam akuades maka akan terbentuk ion-ion tripolifosfat dan hidroksil. Adapun reaksi pelarutan TPP seperti pada Persamaan 4.2–4.4 (Alauhdin dan Widiarti, 2014).



Ion-ion tripolifosfat dan hidroksil yang diperoleh tersebut akan berinteraksi dengan gugus amina kitosan pada proses pembuatan butiran kitosan dan membentuk ikatan silang dengan reaksi ionik seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Reaksi kitosan dengan TPP

4.2.1 Pengaruh Konsentrasi TPP terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG

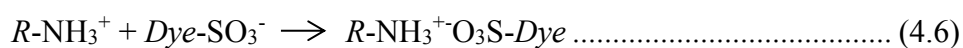
Pada penelitian ini, variasi konsentrasi TPP yang digunakan adalah 0% (NaOH 2M), 1%, 3%, 5%, dan 10% dengan tujuan untuk mengetahui kondisi optimum butiran kitosan dalam mengadsorpsi remazol yellow FG berdasarkan konsentrasi TPP. Langkah perlakuan pembuatan butiran seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Hasil butiran kitosan pada penelitian ini diperoleh yaitu semakin tinggi konsentrasi TPP, butiran kitosan basah diperoleh semakin kaku yang ditandai dengan bentuk butiran yang lebih rapi dan kecil seperti pada Gambar 4.6.



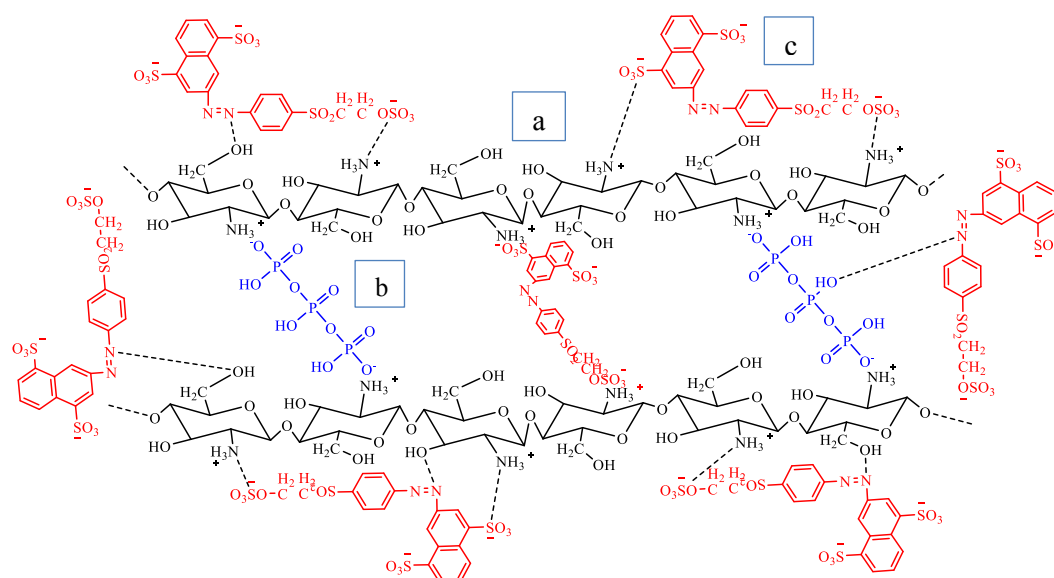
Gambar 4.6 Butiran kitosan basah variasi konsentrasi TPP (a) K-TPP 0%, (b) K-TPP 1%, (c) K-TPP 3%, (d) K-TPP 5%, dan (e) K-TPP 10%

Masing-masing butiran kitosan variasi konsentrasi TPP 0, 1, 3, 5, 10% yang telah dikeringkan kemudian digunakan sebagai adsorben dalam mengadsorpsi zat pewarna remazol yellow FG. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode batch, yaitu metode adsorpsi yang prosesnya dilakukan dengan pencampuran adsorben dengan adsorbat dalam jumlah yang tetap dan diamati perubahannya pada selang waktu tertentu (Khartikeyan, 2004 dalam Putri dkk, 2019). Pada penelitian ini, adsorben butiran kitosan diinteraksikan dengan adsorbat dengan dimasukkan butiran kitosan ke dalam larutan remazol yellow FG 20 ppm yang telah dikondisikan pada pH 6. Adsorpsi remazol yellow FG dilakukan menggunakan alat shaker yang bertujuan agar butiran kitosan dapat menyebar rata seluruh area adsorbat dalam wadah sehingga dapat mengadsorpsi remazol yellow FG lebih banyak dan optimal (Arifin dkk, 2012).

Adapun dugaan interaksi pada proses adsorpsi zat pewarna remazol yellow FG oleh kitosan-TPP dapat dilihat pada Gambar 4.7. Gugus aktif kitosan (NH_3^+ dan OH^-) sebagian berinteraksi dengan ion fosfat dari TPP untuk membentuk butiran dan sebagian lagi berinteraksi dengan zat pewarna remazol yellow FG. Adapun reaksi pelarutan remazol yellow FG dalam akuades dan interaksi remazol yellow FG dengan kitosan seperti pada Persamaan 4.5 dan 4.6 (Lu dan Liu, 2010).



Dalam konsentrasi remazol yellow FG lebih besar maka kemungkinan tidak hanya gugus NH_3^+ yang berperan, melainkan gugus hidroksil dari kitosan dan TPP juga ikut berinteraksi dengan remazol yellow FG.



Gambar 4.7 Dugaan interaksi adsorpsi remazol yellow FG oleh kitosan-TPP dengan (a) struktur kitosan, (b) struktur TPP, (c) struktur remazol yellow FG

Tabel 4.1 Kapasitas adsorpsi remazol yellow FG berdasarkan variasi konsentrasi TPP

Konsentrasi TPP	Kapasitas adsorpsi, Q_e (mg/g)			Rata-rata Q_e \pm SD
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
0%	1,107	1,304	1,206	$1,206 \pm 0,1^c$
1%	9,19	9,466	10,178	$9,611 \pm 0,51^a$
3%	9,644	9,526	9,585	$9,585 \pm 0,06^a$
5%	9,466	9,17	9,13	$9,256 \pm 0,18^{ab}$
10%	8,794	8,617	8,004	$8,472 \pm 0,41^b$

Keterangan: Notasi yang berbeda (a, b, c) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (signifikan), notasi sama menunjukkan tidak ada pengaruh yang berbeda nyata. Nilai P value 0,000 ($<0,05$)

Berdasarkan hasil penelitian yang terdapat pada Tabel 4.1, diperoleh bahwa adsorpsi menggunakan butiran kitosan dengan variasi TPP (1, 3, 5, 10%) mendapatkan hasil kapasitas adsorpsi yang lebih baik daripada butiran kitosan dengan NaOH (Kitosan-TPP 0%). Hal ini dikarenakan pada butiran kitosan-NaOH, butirannya sangat rapuh dan *flake* yang diduga bahwa pembentukan

butiran kitosan-NaOH dengan lama perendaman 3 jam belum menghasilkan butiran kitosan yang optimal karena pengikatan NaOH pada kitosan yang belum sempurna sehingga kemungkinan mengalami desorpsi adsorbat dari permukaan adsorben. Berbeda dengan kitosan-TPP, hasil butirannya lebih kaku yang menunjukkan bahwa interaksi kitosan dengan TPP lebih optimal dibandingkan dengan NaOH. Butiran kitosan yang lebih kaku dapat mencegah adanya proses desorpsi adsorbat (Madjid dkk, 2015).

Selain itu, butiran kitosan-NaOH yang dihasilkan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan kitosan-TPP. Ukuran adsorben yang besar mengindikasikan luas permukaan adsorben kecil. Menurut Syauqiah dkk (2011), luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi, yaitu adsorben yang memiliki luas permukaan besar akan meningkatkan penyerapan jumlah adsorbat ke adsorben. Oleh karena itu, butiran kitosan-TPP memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan butiran kitosan-NaOH. Penelitian Chiou dan Li (2003), menyatakan bahwa pembentukan butiran kitosan menggunakan TPP lebih cepat dibandingkan dengan NaOH dan hasil butiran kitosan-TPP setelah dikeringkan memiliki bentuk yang lebih kecil dan kaku dibandingkan kitosan-NaOH.

Peningkatan konsentrasi TPP pada kitosan diharapkan akan memperbesar luas permukaan kitosan sehingga akan meningkatkan proses adsorpsi zat warna. Pada penelitian ini telah diperoleh bahwa ukuran butiran kitosan semakin kecil dengan meningkatnya TPP. Akan tetapi, pada hasil penelitian ini adsorben kitosan dengan konsentrasi TPP 1% merupakan kondisi optimum kitosan dalam mengadsorpsi remazol yellow FG dengan nilai kapasitas adsorpsi terbesar yaitu

9,611 mg/g dan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi TPP. Hal ini dikarenakan remazol yellow FG merupakan zat warna anionik yang memiliki situs interaksi yang sama dengan TPP yaitu anion sulfonat pada remazol yellow FG dan anion fosfat pada TPP berinteraksi dengan kation gugus amina kitosan. Semakin tinggi konsentrasi TPP (3, 5, dan 10%) maka akan semakin banyak interaksi intermolekul antara ion fosfat pada TPP dengan kation gugus amina kitosan untuk membentuk ikat silang sehingga menghasilkan butiran semakin kecil. Meningkatnya konsentrasi TPP akan merapatkan antar molekul kitosan sendiri mengakibatkan ikatan hidrogen antar kitosan akan semakin tinggi sehingga butiran kitosan semakin kaku dan mengecil.

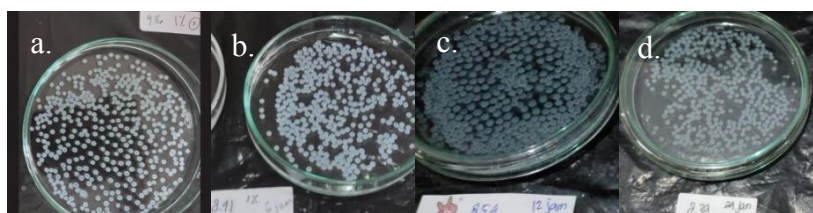
Modifikasi kitosan dengan TPP meningkatkan struktur dan stabilitas kitosan, tetapi pada konsentrasi TPP yang semakin tinggi maka semakin banyak pula kation gugus amina kitosan yang berinteraksi dengan TPP, sehingga gugus amina kitosan yang tidak berikatan dengan TPP akan semakin sedikit. Hal ini mengakibatkan jumlah gugus amina kitosan yang akan digunakan untuk berinteraksi dengan remazol yellow FG semakin sedikit sehingga jumlah zat yang akan teradsorpsi juga akan semakin sedikit. Penggunaan kation amina kitosan untuk interaksi ikat silang dengan TPP maupun interaksi dengan remazol yellow FG ketika proses adsorpsi inilah yang menyebabkan konsentrasi TPP memiliki pengaruh terhadap adsorpsi remazol yellow FG. Menurut Rahayu dan Khabibi (2014), menyatakan bahwa meningkatnya konsentrasi TPP menyebabkan semakin banyak TPP yang terikat pada gugus aktif kitosan daripada adsorbat sehingga menurunkan kapasitas adsorpsi. Hal ini selaras juga dengan pendapat Ngah *et al* (2010) (dalam Ahmad dkk, 2020) yang menyatakan bahwa modifikasi kitosan

dengan penambahan agen pengikat silang dapat meningkatkan stabilitas kitosan pada larutan asam, basa, dan zat kimia tetapi sedikit menurunkan kapasitas adsorpsinya.

Berdasarkan hasil *One-Way* ANOVA pengaruh variasi konsentrasi TPP ditunjukkan pada Tabel 4.1. diperoleh nilai signifikansi $<0,05$ yang berarti bahwa konsentrasi TPP berpengaruh pada kapasitas adsorpsi remazol yellow FG. Konsentrasi TPP 0% memiliki pengaruh yang signifikan dengan konsentrasi TPP 1, 3, 5, dan 10% dan begitu pula sebaliknya. Namun, pada konsentrasi 3% tidak memiliki pengaruh signifikan dengan konsentrasi 5%.

4.2.2 Pengaruh Lama Perendaman terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG

Pada penelitian ini butiran kitosan dibuat seperti langkah sebelumnya tetapi menggunakan konsentrasi TPP 1% yang merupakan konsentrasi tripolifosfat optimum yang telah diperoleh berdasarkan tahapan sebelumnya. Pada tahap ini menggunakan variasi lama perendaman 3, 6, 12, dan 24 jam yang bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum butiran kitosan dalam mengadsorpsi remazol yellow FG berdasarkan lama perendaman. Berdasarkan hasil penelitian, butiran basah yang diperoleh pada variasi lama perendaman 3, 6, 12, dan 24 jam memiliki bentuk butiran yang lebih *rigid* seiring dengan lamanya waktu perendaman seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Butiran kitosan basah variasi lama perendaman (a) 3 jam, (b) 6 jam, (c) 12 jam, dan (d) 24 jam)

Tabel 4.2 Kapasitas adsorpsi remazol yellow FG berdasarkan variasi lama perendaman

Lama Perendaman	Kapasitas adsorpsi, Q_e (mg/g)			Rata-rata $Q_e \pm SD$
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
3 jam	9,19	9,466	10,178	$9,611 \pm 0,51^a$
6 jam	8,557	8,36	8,439	$8,452 \pm 0,1^b$
12 jam	8,538	8,854	8,775	$8,722 \pm 0,16^b$
24 jam	8,281	8,36	8,379	$8,34 \pm 0,05^b$

Keterangan: Notasi yang berbeda (a dan b) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (signifikan), notasi sama menunjukkan tidak ada pengaruh yang berbeda nyata. Nilai P value 0,002 (<0,05)

Masing-masing butiran kitosan-TPP variasi lama perendaman 3, 6, 12, dan 24 jam selanjutnya dikeringkan dan digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi zat pewarna remazol yellow FG. Berdasarkan hasil penelitian yang terdapat pada Tabel 4.2, diperoleh bahwa variasi lama perendaman memiliki perbedaan hasil kapasitas adsorpsi. Kondisi optimum adsorpsi pada penelitian ini yaitu pada lama perendaman 3 jam dengan kapasitas adsorpsi terbesar dengan nilai 9,611 mg/g. Lama perendaman juga merupakan salah satu aspek yang mempengaruhi adsorpsi. Lama perendaman menunjukkan waktu pengikatan silang antara kitosan dengan TPP. Menurut Silvestro *et al* (2020), menyatakan bahwa semakin lama waktu perendaman, maka semakin menurunkan derajat *swelling* butiran kitosan, yang berarti bahwa adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben kitosan itu tidak mudah terdesorpsi atau kembali ke larutan ruah karena struktur butiran yang lebih kaku. Hal ini dikarenakan gugus aktif amina primer dan hidroksil kitosan memiliki sifat hidrofilik karena mudah berinteraksi dengan mengikat H^+ air sehingga memiliki derajat *swelling* yang besar, dan adanya modifikasi dengan ikatsilang dapat memperkecil derajat *swelling* kitosan.

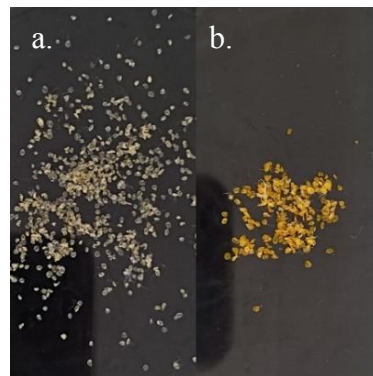
Pada penelitian ini, diperoleh bahwa kapasitas adsorpsi kitosan terhadap remazol yellow FG semakin menurun dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman (6, 12, dan 24 jam), kemungkinan interaksi intramolekul TPP dengan kitosan lebih optimal sehingga struktur kitosan akan semakin rapat dan derajat *swelling* rendah. Namun, dengan semakin banyaknya gugus amina kitosan yang berikatan dengan TPP, maka akan menurunkan kapasitas adsorpsi yang disebabkan oleh sedikitnya sisa gugus amina kitosan (yang tidak berikatan dengan TPP) yang akan digunakan untuk adsorpsi remazol yellow FG. Pada penelitian Sabaruddin dan Madjid (2021), juga diperoleh bahwa morfologi butiran kitosan semakin halus dengan semakin lamanya waktu perendaman. Morfologi halus tersebut mengindikasikan butiran kitosan semakin kaku.

Berdasarkan hasil *One-Way* ANOVA pengaruh variasi lama perendaman ditunjukkan pada Tabel 4.2. diperoleh nilai signifikansi $<0,05$ yang berarti bahwa konsentrasi TPP berpengaruh pada kapasitas adsorpsi remazol yellow FG. Lama perendaman 3 jam memiliki pengaruh yang signifikan dengan lama perendaman 6, 12, dan 24 jam, sedangkan lama perendaman 6 jam tidak memiliki perbedaan signifikan dengan lama perendaman 12 dan 24 jam.

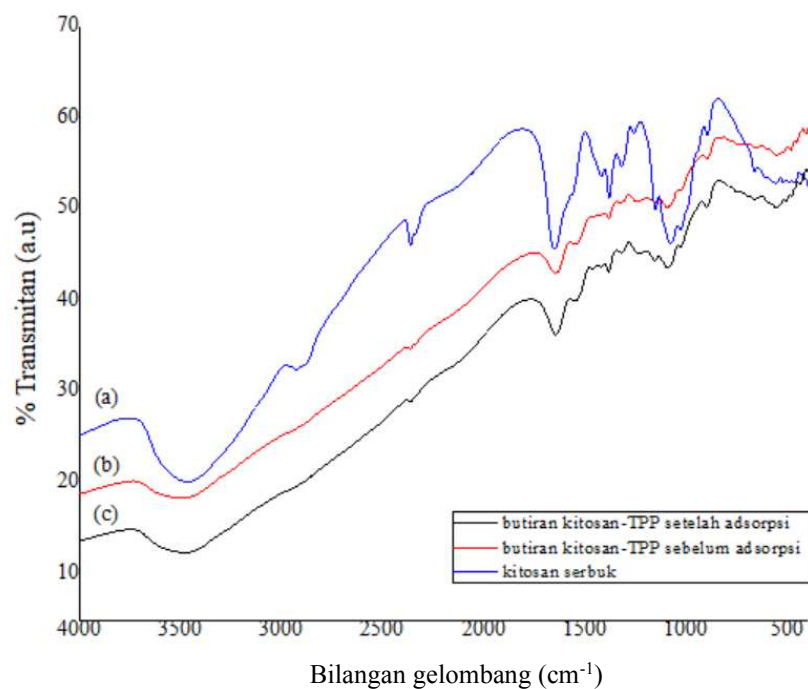
4.3 Karakterisasi Adsorben Kitosan Menggunakan Spektrometer FTIR

Butiran kitosan sebelum dan setelah adsorpsi memiliki perbedaan warna yaitu warna kuning muda pada butiran kitosan sebelum adsorpsi dan warna kuning tua pada butiran kitosan setelah adsorpsi (Gambar 4.8). Warna kuning yang semakin pekat menunjukkan bahwa adsorbat remazol yellow FG terjerap dengan baik dalam butiran kitosan. Butiran kitosan baik sebelum dan setelah

adsorpsi akan dianalisis menggunakan spektrometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam butiran kitosan sebelum dan setelah adsorpsi remazol yellow FG. Adapun hasil spektra FTIR kitosan serbuk dan butiran kitosan (sebelum dan setelah adsorpsi) ditunjukkan pada Gambar 4.10. Spektra dari butiran kitosan sebelum dan setelah adsorpsi hampir tidak terbedakan, karena keduanya banyak memiliki serapan yang sama.



Gambar 4.9 Butiran kitosan (a) sebelum, dan (b) setelah adsorpsi



Gambar 4.10 Spektra FTIR dari (a) kitosan serbuk, (b) butiran kitosan-TPP sebelum adsorpsi, dan (c) butiran kitosan-TPP setelah adsorpsi

Tabel 4.3 Dugaan gugus fungsi pada kitosan

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})			Bilangan gelombang (cm^{-1}) menurut literatur
	Kitosan serbuk	Butiran kitosan-TPP sebelum adsorpsi	Butiran kitosan-TPP setelah adsorpsi	
O–H, N–H rentang	3465,122	3487,748	3478,092	O–H 3500–3200, N–H 3500–3100 (Hardjono, 2019)
C–H rentang	2925,532 dan 2362,079	2366,396	2365,315	3000–2850 (Hardjono, 2019) 2900–2600 (Demaude <i>et al.</i> , 2022)
N–H bengkok	1652,826	1649,611 dan 1543,206	1647,131 dan 1557,342	1650–1590 (Nandiyanto <i>et al.</i> , 2019)
C–H bengkok	1382,191	1385,130	1385,085	1465–1375 (Hardjono, 2019)
C–O rentang	1078,816; 897,981	1096,916; 900,574	1096,160; 900,755	1300–900 (Hardjono, 2019)
P–O–R rentang	-	1096,916	1096,160	1100–950 (Hardjono, 2019)
C–N rentang	1269,158; 1153,951	1245,922; 1158,320	1235,588; 1156,472	1350–1000 (Hardjono, 2019)
SO ₃ ⁻ (Sulfonat) rentang	-	-	1235,588	1235–1176 (Testing, 1983 dalam Chaieb <i>et al.</i> , 2022)

Pada spektra butiran kitosan-TPP terdapat serapan O–H rentang yang lebih lebar dibandingkan pada kitosan serbuk yang mengindikasikan bahwa ikatan hidrogennya semakin kuat karena adanya modifikasi. Serapan O–H rentang, N–H rentang, N–H bengkok, C–H rentang, C–H bengkok, C–O rentang, dan C–N rentang muncul pada kitosan serbuk dan butiran yang mengindikasikan keberadaan kitosan. Munculnya dua serapan N–H bengkok pada spektra butiran kitosan menandakan adanya garam amina primer (NH_3^+) hasil dari protonasi dengan asam asetat dan akan digunakan untuk berinteraksi dengan adsorbat

remazol yellow FG. Dua serapan tersebut yaitu dekat 1600 cm^{-1} *asym* dan 1500 cm^{-1} *sym* (Socrates, 2001).

Serapan C–N umumnya muncul pada semua amina rentang dan pada penelitian ini diperoleh serapan C–N yang muncul pada daerah $1350\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$. Serapan C–O rentang pada penelitian ini diperoleh dua puncak sebagai serapan C–O–C rentang *sym* ($1150\text{-}1060\text{ cm}^{-1}$) dan C–O–C rentang *asym* ($1140\text{-}820\text{ cm}^{-1}$) (Socrates, 2001). Pergeseran serapan dari 1078 cm^{-1} pada spektra kitosan serbuk menjadi sekitar 1096 cm^{-1} pada spektra butiran kitosan-TPP mengindikasikan munculnya serapan P–O–R rentang yang mengindikasikan bahwa telah terjadi proses ikatsilang antara gugus fosfat pada TPP dengan gugus amina pada kitosan. Daerah serapan C–O rentang dan P–O–R rentang hampir sama sehingga dimungkinkan adanya tumpang tindih antar kedua serapan tersebut.

Pergeseran serapan dari $1269,158\text{ cm}^{-1}$ dan $1245,922\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1235,588\text{ cm}^{-1}$ pada spektra butiran kitosan setelah adsorpsi mengindikasikan adanya gugus sulfonat (SO_3^-) rentang yang merupakan gugus reaktif dari remazol yellow FG tetapi kurang terlihat jelas yang dimungkinkan karena terjadi tumpang tindih dengan serapan C–N rentang di mana keduanya memiliki daerah atau rentang bilangan gelombang yang sama. Dugaan adanya serapan sulfonat pada remazol yellow FG ini dikuatkan dengan penelitian Hidayati (2011) dan Bagaskara dkk (2022), yang juga mendapatkan serapan gugus sulfonat pada daerah 1235 cm^{-1} .

4.4 Hikmah Penelitian dalam Perspektif Agama Islam

Allah SWT kehadirannya tidak kasat mata, namun dapat kita rasakan kehadiran-Nya melalui alam semesta yang merupakan ciptaan Allah SWT. Maha

besar Allah SWT atas semua ciptaannya tidak ada yang sia-sia, melainkan masing-masing memiliki manfaat. Seperti yang telah dijelaskan dalam Al-Quran surah Ali ‘Imran [3]: 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ. (١٩١)

Artinya: “(Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”

Dalam tafsir Al-Aisar, menyebutkan bahwa dalam surah ini memuat tanda-tanda kebesaran Allah SWT melalui alam semesta (ayat kauniyah) sebagai bukti bahwa Allah SWT yang menciptakan, mengawasi, dan mengatur alam beserta isinya. Pada surah Ali-Imran: 191 menunjukkan bahwa orang berakal selalu berpikir akan kebesaran penciptaan langit dan bumi sehingga mereka akan mendapat jalan petunjuk mengenal Allah SWT lebih dekat dan bersyukur kepada-Nya. Orang-orang yang mengingat Allah SWT sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring dapat terjadi pada waktu shalat maupun di luar waktu shalat. Mengingat Allah SWT di luar waktu shalat dapat dengan memikirkan keberadaan langit dan bumi, baik pembentukannya, keindahannya, dan penciptaan alam beserta makhluk hidup yang ditempatkan Allah SWT di dalamnya yang telah diciptakan tidak dengan sia-sia, melainkan memiliki hikmah masing-masing yang dapat dijadikan pelajaran dan tujuan. Perenungan inilah yang dapat mendorong iman kita kepada Allah SWT menjadi lebih kuat. Orang-orang yang pandai bersyukur dan selalu mengingat keagungan-Nya akan ditempatkan di dalam surga oleh Allah SWT sedangkan orang-orang yang ingkar akan ditempatkan di dalam neraka-Nya (Al-Jazairi, 2010).

Ketika kita berpikir mengenai ciptaan Allah SWT, melalui sebuah penelitian kita akan mengetahui informasi-informasi baru dan bermanfaat yang akan menambah wawasan kita terhadap apa yang kita teliti. Selain menambah wawasan, penelitian juga akan membuktikan bahwa semua ciptaan Allah SWT memiliki manfaat, bahkan yang jarang diketahui oleh masyarakat pada umumnya, serta adanya penelitian juga menghasilkan temuan baru yang dapat diaplikasikan pada permasalahan tertentu. Pada penelitian ini, penulis meneliti tentang adsorpsi zat pewarna remazol yellow FG menggunakan kitosan. Kitosan merupakan senyawa polimer hasil turunan senyawa kitin yang dapat dijumpai di alam melalui cangkang hewan.

Salah satu makhluk hidup yang ada di bumi yang memiliki manfaat adalah hewan bercangkang. Selain daging yang dapat dimanfaatkan sebagai makanan, cangkang hewan tersebut dapat dimanfaatkan menjadi kitosan melalui beberapa tahapan karena dalam cangkang terdapat kandungan senyawa kitin. Seringkali orang membuang cangkang hewan karena dianggap hanya sebagai limbah sehingga banyak limbah cangkang hewan seperti kepiting, udang, kerang, lobster kurang dapat dimanfaatkan dengan baik padahal sejatinya terkandung berbagai manfaat di dalam cangkang itu sendiri. Kitosan merupakan bioadsorben yang salah satu pemanfaatannya adalah mampu menurunkan kadar limbah logam berat dan zat pewarna yang dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik. Jika diolah dengan baik cangkang hewan ini, maka dapat menjadi solusi dalam meminimalisir limbah logam berat, limbah zat pewarna, bahkan limbah cangkang itu sendiri.

Berdasarkan hasil penelitian, kitosan dapat digunakan sebagai adsorben zat pewarna remazol yellow FG dengan modifikasi kitosan menjadi bentuk butiran menggunakan agen pengikat silang tripolifosfat, yaitu dengan konsentrasi TPP 1% dan pada lama perendaman 3 jam dan diperoleh nilai kapasitas optimum sebesar 9,611 mg/g. Berdasarkan hasil ini, butiran kitosan dapat meminimalisir kadar remazol yellow FG sebelum dibuang ke lingkungan dan menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan pada zat pewarna lain.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman tripolifosfat (TPP) terhadap proses adsorpsi Remazol Yellow FG oleh butiran kitosan. Semakin tinggi konsentrasi TPP dan lama perendaman, butiran kitosan yang dihasilkan semakin kaku tetapi memiliki kapasitas adsorpsi yang semakin menurun karena gugus amina pada kitosan lebih banyak digunakan untuk berinteraksi dengan TPP dibandingkan dengan remazol yellow FG. Kondisi optimum adsorpsi butiran kitosan diperoleh pada kitosan-TPP 1% dan lama perendaman 3 jam dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 9,611 mg/g.
2. Karakterisasi adsorben kitosan serbuk dan butiran (sebelum dan setelah adsorpsi) menggunakan spektrometer FTIR diperoleh spektra yang menunjukkan adanya serapan O–H rentang, N–H rentang, N–H bengkok, C–H rentang, C–H bengkok, C–O rentang, dan C–N rentang yang mengindikasikan struktur kitosan, serapan P–O–R rentang mengindikasikan berhasilnya ikatsilang antara kitosan dengan TPP, dan serapan sulfonat (SO_3^-) rentang yang mengindikasikan terjadinya adsorpsi remazol yellow FG oleh butiran kitosan sesudah adsorpsi karena gugus sulfonat merupakan gugus reaktif dari remazol yellow FG yaitu pada daerah $1235,588 \text{ cm}^{-1}$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perlunya pengaplikasian adsorben kitosan–TPP dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman TPP pada zat warna kationik untuk mengetahui kapasitas adsorpsi yang berbeda.
2. Perlunya mengembangkan penelitian metode adsorpsi kitosan seperti modifikasi butiran kitosan menggunakan agen pengikat silang kimia seperti *Epichlorohydrin* (ECH), *Trimethylolpropane triglycidylether* (TTE), dan penambahan senyawa komposit untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorben kitosan dalam pengaplikasian pada limbah industri yang menggunakan remazol yellow FG maupun limbah pewarna anionik lain.
3. Perlunya tambahan analisa kinetika adsorpsi untuk mengetahui model kinetika yang sesuai dengan adsorpsi remazol yellow FG.
4. Perlunya tambahan karakterisasi lain menggunakan instrumen SEM (*Scanning Electron Microscope*), SAA (*Surface Area Analyzer*), ataupun instrumen lain yang dapat menjelaskan mekanisme adsorpsi oleh kitosan pada variasi konsentrasi dan lama perendaman tripolifosfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F. U. 2010. Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen Portland [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Abdullah, H. A., and Jaeel, A. J. 2019. Chitosan as a Widely Used Coagulant to Reduce Turbidity and Color of Model Textile Wastewater Containing an Anionic Dye (Acid Blue). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 584(1), 1–7
- Ahmad, O., Nuryanto, R., dan, Haris, A. 2020. Adsorpsi Ion Tembaga (II) dengan Kitosan dari Kulit Udang Putih yang Termodifikasi Tripolifosfat. *Open Journal Systems*. 14(6), 2781–2790
- Alauhdin, M., dan Widiarti, N. 2014. Sintesis dan Modifikasi Lapis Tipis Kitosan-Tripolifosfat. *Jurnal MIPA*. 37(1), 46–52
- Aldabib, J. M., and Edbeib, M. F. 2020. The effects of concentration based on the absorbance form the Ultraviolet-Visible (UV-VIS) spectroscopy analysis. In *International Journal of Science Letters (IJSL)*. 2(1), 1–11
- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., and Teong Guan, C. 2004. Treatment Of Textile Wastewater By Advanced Oxidation Processes-A Review. *Global Nest: the Int. J.* 6(3), 222–230
- Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M., dan Ramantiya, F. 2012. Adsorpsi Zat Warna Direct Black 38 Menggunakan Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam. *Jurnal Ilmiah Berkala: Sains dan Terapan Kimia*. 6(1), 35–45
- Atmaji, P. dkk. 1999. Daur Ulang Limbah Hasil Pewarnaan Industri Tekstil. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 1(4), 9–15
- Babakhani, A., and Sartaj, M. 2020. Removal Of Cadmium (II) From Aqueous Solution Using Tripolyphosphate Cross-Linked Chitosan. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*. 8(4), 1–12
- Bagaskara, M., Azizah, A., Ni'mah, A. F., Hapsari, P. Z., Saputra, O. A., Dewi, C., and Pramono, E. 2022. New route for synthesis and characterization sulfonated chitosan using acetyl sulfate as a sulfonating agent. *Journal of Physics: Conference Series*. 2190(1), 1–6
- Bahri, S., dan Abd Rahim, E. 2015. Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Darah dengan Penambahan NaOH secara Bertahap. *KOVALEN*. 1(1): 36–42
- Basir, I. F., Mahatmanti, F. W., Haryani, S., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., dan Alam, P. 2017. Sintesis Komposit *Beads* Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Ion Cu(II). *J. Chem. Sci.* 6(2), 181–188

- Cahyaningrum, S.E, Juari Santoso, S., dan Agusini, R. 2008. Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Bead Kitosan dari Cangkang Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 15(2), 90–99
- Cechinel, M. A. P., Ulson De Souza, S. M. A. G., and Ulson De Souza, A. A. 2014. Study of Lead (II) Adsorption onto Activated Carbon Originating from Cow Bone. *Journal of Cleaner Production*. 65, 342–349
- Chaieb, Z., Zizi, Z., and Benghalem, A. 2022. Synthesis, Characterization and Structural Study of Fe(III) Complex Derived from Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*. 36(2), 353–361
- Chatterjee, D., Patnam, V. R., Sikdar, A., Joshi, P., Misra, R., and Rao, N. N. 2008. Kinetics of the decoloration of reactive dyes over visible light-irradiated TiO₂ semiconductor photocatalyst. *Journal of Hazardous Materials*, 156(1–3), 435–441
- Chiou, M. S., and Li, H. Y. 2003. Adsorption behavior of reactive dye in aqueous solution on chemical cross-linked chitosan beads. *Chemosphere*. 50(2003) 1095–1105
- Crini, G., and Badot, P. M. 2008. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. *Progress in Polymer Science (Oxford)*. 33(4), 399–447
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: LPTIK Universitas Andalas
- Damajanti, N., Ma'ruf, A., dan Nugraha, H. K. 2021. Aplikasi Zeolit Alam Aktif Wonosari Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow FG. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*. 1, 80–87
- Daneshvar, N., Behnajady, M. A., Mohammadi, M. K. A., and Dorraji, M. S. S. 2008. UV/H₂O₂ treatment of Rhodamine B in aqueous solution: Influence of operational parameters and kinetic modeling. *Desalination*. 230 (1–3), 16–26
- Demaude, A., Baert, K., Petitjean, D., Zveny, J., Goormaghtigh, E., Hauffman, T., Gordon, M. J., and Reniers, F. 2022. Simple and Scalable Chemical Surface Patterning via Direct Deposition from Immobilized Plasma Filaments in a Dielectric Barrier Discharge. *Advanced Science*. 9(15), 1–9
- Dwiyitno., Basmal, J., dan Mulyasari. 2004. Pengaruh Suhu Esterifikasi Terhadap Karakteristi K Karboksi Metil Kitosan (CMCts). *Jurnal Penelitian Perikanan Indorresia*. 10(3), 67–73
- Estiaty, L. M. 2012. Keseimbangan dan Kinetika Adsorpsi Ion Cu²⁺ pada Zeolit-H. *Riset Geologi dan Pertambangan*. 22(2), 127–141

- Fadil, F., Adli, F. A., Affandi, N. D. N., Harun, A. M., and Alam, M. K. 2020. Dope-Dyeing Of Polyvinyl Alcohol (PVA) Nanofibres With Remazol Yellow Fg. *Polymers*, 12(12), 1–13
- Filipkowska, U., Kuczajowska-Zadrożna, M., Józwiak, T., Szymczyk, P., and Nierobisz, M. 2016. Impact of chitosan cross-linking on RB 5 dye adsorption efficiency. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, 21, 46–54
- Gupta, V. K., Mohan, D., Sharma, S., and Sharma, M. 2000. Removal of basic dyes (rhodamine B and methylene blue) from aqueous solutions using bagasse fly ash. *Separation Science and Technology*, 35(13), 2097–2113
- Hardjono, Sastrohamidjojo. 2019. *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: UGM Press
- Hidayati, Sri. 2011. Perubahan Komposisi Metil Ester Akibat Kerusakan Panas pada Metil Ester Sulfonat dari Jarak Pagar. *J. Ris. Kim.* 5(1), 60–72
- Husniati dan Oktarina, E. 2014. Sintesis Nano Partikel Kitosan Dan Pengaruhnya Terhadap Inhibisi Bakteri Pembusuk Jus Nenas. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 25(2), 89–95
- Iriana, D. D., Sri S., dan Bambang Y. 2018. Kemampuan Adsorpsi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Logam Timbal. *Journal of Marine Research*. 7(4), 303–309
- Jin, L., and Bai, R. 2002. Mechanisms of lead adsorption on chitosan/PVA hydrogel beads. *Langmuir*. 18(25), 9765–9770
- Kaneko, Y., Toyodome, H., Mizumo, T., Shikinaka, K., and Iyi, N. 2014. Preparation of a sulfo-group-containing rod-like polysilsesquioxane with a hexagonally stacked structure and its proton conductivity. *Chemistry - A European Journal*. 20(30): 9394–9399
- Khabibi, Suprihatin, dan Hastuti, R. 2021. Modifikasi Kitosan Melalui Taut Silang dengan Natrium Tripolifosfat sebagai Adsorben Ion Mn(II). *E-Jurnal Binawakya*. 15(8), 1–8
- Kirk and Othmer. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4 th ed. John Willey and Sons. New York
- Kurniasih, M., Riapanitra, A., dan Rohadi, A. 2014. Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan. *Sains & Mat*. 2(2), 27–33
- Kurniawati, L., Haironi., dan Nurul I. 2018. Aplikasi Kitosan Teraktivasi Asam Askorbat sebagai Zat Warna Remazol Yellow. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram
- Kusumaningsih, T., Masykur, A., dan Supriyanto, R. 2006. Adsorpsi Zat Warna Remazol Yellow FG Pada Limbah Tekstil Oleh Alang-Alang (Imperata

- Cylindrica (L.) Raeush). *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*. 4 (1), 27–33
- Kusumawardani, R., Titin A. Z., dan Lia D. 2018. Adsorpsi Kadmium(II) menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3), 75–83
- Kyaw, Thein T., Sandar Wint, K., and Myo Naing, K. 2011. Studies on the Sorption Behavior of Dyes on Cross-linked Chitosan Beads in Acid Medium. *International Conference on Biomedical Engineering and Technology IPCBEE*. Vol.11, 174–178
- Lachheb, H., Puzenat, E., Houas, A., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., and Herrmann, J.-M. 2002. Photocatalytic Degradation Of Various Types Of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) In Water By UV-Irradiated Titania. *Applied Catalysis B: Environmental*. 39, 75–90
- Laili, N. H., Winarti, L., dan Oktora Ruma Kumala Sari, L. 2014. Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan-Naringenin dengan Variasi Rasio Massa Kitosan-Natrium Tripolifosfat. *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*. 2(2), 308–313
- Laus, R., and de Fávère, V. T. 2011. Competitive adsorption of Cu(II) and Cd(II) ions by chitosan crosslinked with epichlorohydrin-triphosphate. *Bioresource Technology*. 102(19), 8769–8776
- Li, P., Wang, Y., Peng, Z., She, F., and Kong, L. 2011. Development Of Chitosan Nanoparticles As Drug Delivery Systems For 5-Fluorouracil And Leucovorin Blends. *Carbohydrate Polymers*. 85(3), 698–704
- Liu, C. H., Jiang, H. T., and Wang, C. H. (2022). Fabrication and characterization of a toughened spherical chitosan adsorbent only through physical crosslinking based on mechanism of Chain Rearrangement. *RSC Advances*. 12(15), 9179–9185
- Lu, X., and Liu, R. 2010. Treatment of Azo Dye-Containing Wastewater Using Integrated Processes. *Hdb Env Chem*. 9,133–155
- Lusiana, R. A., Protoningtyas, W. P., Wijaya, A. R., Siswanta, D., Mudasir, and 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
- Madjid, A. D. R., Atikah., Nitsae, M., dan Sabarudin, A. 2015. Pengaruh Penambahan Tripolyfosfat Pada Kitosan Beads Untuk Adsorpsi Methyl Orange. *Jurnal MIPA*. 38 (2), 144-149
- Maghfiroh, L., Ulfan, I., Juwono, H., Kimia, J., Kunci-Adsorpsi, K., Adsorpsi, K., dan De, N. 2016. Pengaruh PH Terhadap Penurunan Zat Warna Remazol

Yellow FG Oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2), 126–129

- Maghfiroh, Lailatul. 2016. Studi Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Menggunakan Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco [Skripsi]. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mahatmanti, W. F., Rengga, W. D. P., Kusumastuti, E., and Nuryono. 2017. Chitosan/silica/polyethylene glycol (Ch/Si/P) composites membrane as selective adsorbent of rhodamine B from aqueous solution. *Asian Journal of Chemistry*. 29(2), 283–286
- Masruhin., Rasyid, R., dan Yani, S. 2018. Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*. 03(01), 11–20
- Mi, F.-L., Shyu, S.-S., Chen, C.-T., and Lai, J.-Y. 2002. Adsorption of indomethacin onto chemically modified chitosan beads. *Polymer*. 43, 757–765
- Mulja, M., dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga University Press
- Muzzarelli, R.A.A., 1985. *Chitin in the Polysaccharides*. 3, 147, Aspinall. Academic press Inc., Orlando, San Diego
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., and Ragadhita, R. 2019. How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 4(1), 97–118
- Nitsae, M., R Madjid, A. D., Hakim, L., and Sabarudin, A. 2016. Pengaruh Tripolifosfat dan Etilen Glikol Diglisidil Eter pada Pembuatan KITOSAN Beads untuk Adsorpsi Cr(VI). *NATURAL B*. 3(3), 220–225
- Nurhaeni., Hardianti, D., Hardi, J., Soekarno Hatta Km, J., dan Bumi Tadulako Tondo Palu, K. 2018. Recovery Remazol Yellow Menggunakan Gel KITOSAN Tertaut Silang Glutaraldehyd. *KOVALEN*. 4(3), 254–261
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Chichester: Ellis Horwood Limited
- Pieróg, M., Gierszewska, M., and Ostrowska-Czubenko, J. 2009. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its: Vol. XIV*, 75-82
- Pramesti, T. S., dan Basid Adiwibawa Prasetya, N. 2012. Pemanfaatan KITOSAN Termodifikasi Asam Askorbat sebagai Adsorben Ion Logam Besi (III) dan Kromium (III). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 15 (2), 70 – 75
- Priyo, A. Purwanto, W., dan Pramono E.P. 1999. Daur Ulang Limbah Hasil Pewarnaan Indsutri Tekstil. *Jurnal Sains and Teknologi Indonesia*. 1(4), 9–15

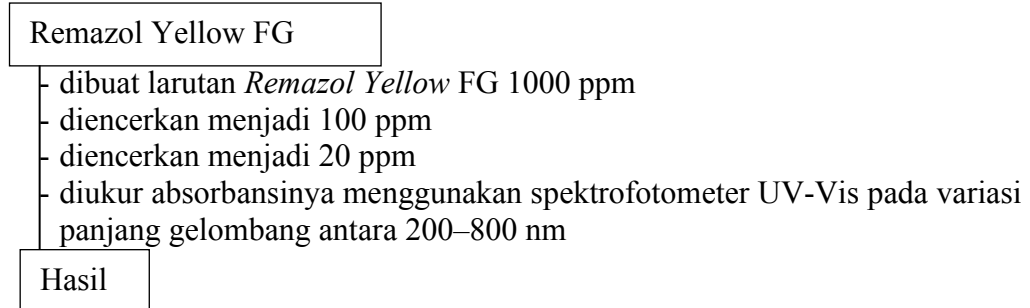
- Putri, Sella A., dan Indarti Jurusan Kimia, D. 2019. Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis. *BERKALA SAINSTEK*. 7(1), 1–6
- Rahayu, P., dan Khabibi. 2016. Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 19(1), 21–26
- Rahayu, Tanasale, M., dan Bandjar, A. 2020. Isoterm Adsorpsi Ion Cr(III) Oleh Kitosan Hasil Isolasi Limbah Kepiting Rajungan dan Kitosan Komersil. *J. Chem. Res.* 8(1), 28–34
- Sabarudin, A., and 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*. Vol. 2021(6648457), 1–11
- Safitri, R. A., and Rahmayanti, M. 2020. Characterization and Application of Chitosan as a Natural Coagulant in Reducing Remazol Red Dyestuff Concentration and COD Value of Batik Liquid Waste. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 23(9), 333–337
- Sankari, G., Krishnamoorthy, E., Jayakumaran, S., Gunasekaran, S., Vishnu Priya, V., Subramaniam, S., Subramaniam, S., and Krishna Mohan, S. 2010. Analysis of Serum Immunoglobulins Using Fourier Transform Infrared Spectral Measurements. *Research Article Biology and Medicine*. 2(3): 42–48
- Sapta, W., Ariguna, P., Wiratini, N. M., Dewa, I., dan Sastrawidana, K. 2014. Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrokodisasi. *Journal Kimia Visvitalis*. 2(2), 127–137
- Sastrohamidjojo, H. 2019. Dasar-dasar Spektroskopi. Yogyakarta: UGM Press
- Savitri, E., Soeseno, N., dan Adiarto, T. 2010. Sintesis Kitosan, Poli(2-amino-2-deoksi-D-Glukosa), Skala Pilot Project dari Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Biopolimer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. ISSN 1693-4393
- Sedyadi, E., dan Huda, D. K. 2016. Kajian Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Montmorillonit-Kitosan. *Integrated Lab Journal*. 4(2), 139–152
- Setha, B., Rumata, F., dan Silaban, B. B. 2019. Karakteristik Kitosan Dari Kulit Udang Vaname Dengan Menggunakan Suhu Dan Waktu Yang Berbeda Dalam Proses Deasetilasi. *JPHPI*. Volume 22 Nomor 3, 498–507
- Shabir, G., Hussain, G., Saeed, A., Hussain, T., Hökelek, T., Erben, M., and Flörke, U. 2021. Investigation of stable solid diazonium salt by molecular structure, Hirshfeld surface analysis, optical and electrochemical studies, and applications. *Journal of Molecular Modeling*. 27(10), 296

- Silvestro, I., Francolini, I., di Lisio, V., Martinelli, A., Pietrelli, L., d'Abusco, A. S., Scoppio, A., and Piozzi, A. 2020. Preparation and characterization of TPP-chitosan crosslinked scaffolds for tissue engineering. *Materials*. 13(16), 1–15
- Sivakumar, P., and Palanisamy, P. N. 2009. Packed Bed Column Studies For The Removal Of Acid Blue 92 And Basic Red 29 Using Non-Conventional Adsorbent. *Indian Journal Of Chemical Technology*. 16(4), 301–307
- Socrates, G. 2001. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies*. John Wiley & Sons, Ltd. England
- Srimoon, R., and Potipat, J. (2021). Development of chitosan beads as an oil adsorbent and its application in household grease traps. *ScienceAsia*, 47(3), 330–339
- Stamford C.M, T., Tenório, P., Sampaio, F., Maria Souza Gadelha de Carvalho, M., Montenegro Stamford, T. C., and Pereira dos Santos, E. 2015. Chitosan as an Oral Antimicrobial Agent. *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*. Formatex 2011, 542–550
- Syauqiah, I., Mayang A., dan Hetty A. K. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *INFO TEKNIK*. 12(2): 11–20
- Tanasale, M. F. J. D. P., Killay, A., dan Laratmase, M. S. 2012. Kitosan dari limbah kulit kepiting rajungan Kitosan dari Limbah Kulit Kepiting Rajungan (*Portunus sanguinolentus* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Biru Metilena. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(2), 165–171
- Warono, D., dan Syamsudin. 2013. Unjuk Kerja Spektrofotometer Untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *KONVERSI*. 2(2): 57–65
- Worthen, A. J., Irving, K. S., and Lapitsky, Y. (2019). Supramolecular strategy effects on chitosan bead stability in acidic media: A comparative study. *Gels*. 5(1), 1–12
- Zhang, Y., Liu, B. L., Wang, L. J., Deng, Y. H., Zhou, S. Y., and Feng, J. W. 2019. Preparation, structure and properties of acid aqueous solution plasticized thermoplastic chitosan. *Polymers*. 11(5): 1–11

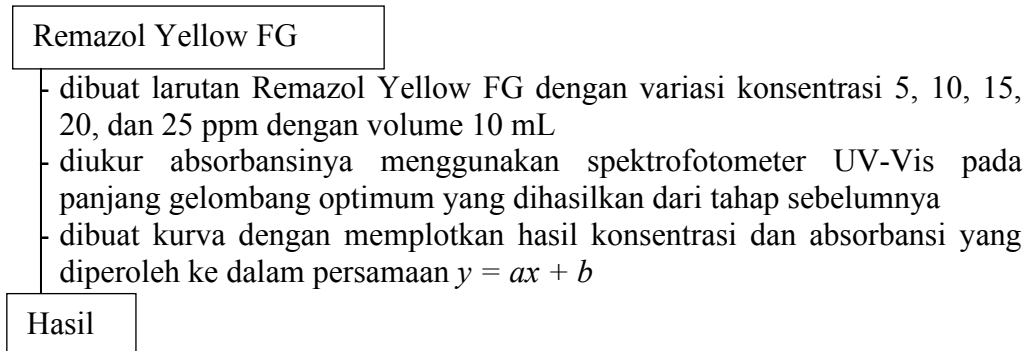
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir

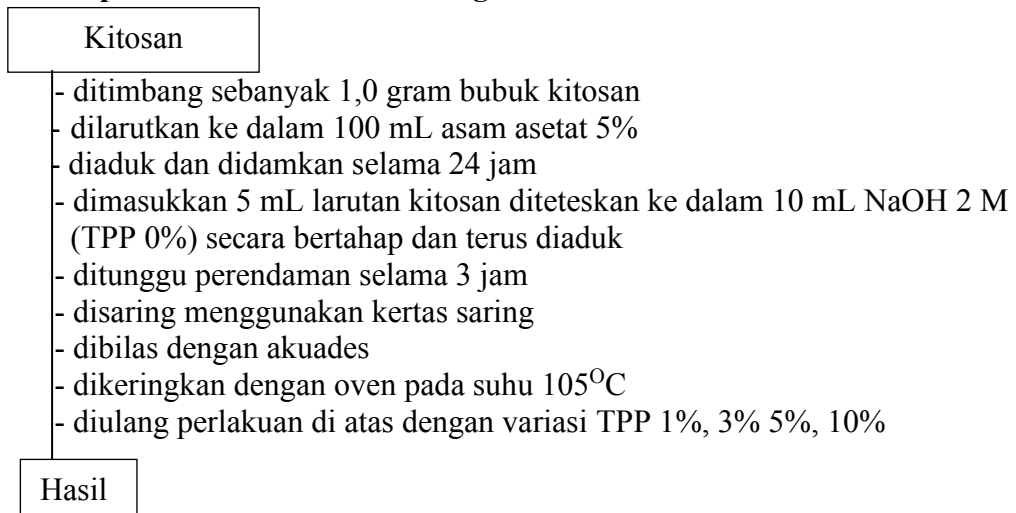
L.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remazol Yellow FG



L.1.2 Penentuan Kurva Standar Remazol Yellow FG



L.1.3 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Konsentrasi TPP



L.1.4 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Konsentrasi TPP

Kitosan-TPP

- ditimbang 0,05 gram kitosan-TPP 0%
- dimasukkan ke dalam *beaker glass*
- ditambahkan 25 mL larutan Remazol Yellow FG konsentrasi 20 ppm yang telah dikondisikan pada pH 6
- di-*shaker* selama 2 jam pada kecepatan 100 rpm
- didiamkan selama 30 menit
- dipisahkan filtrat dan endapannya menggunakan kertas saring
- diukur absorbansi masing-masing filtrat menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum
- ditentukan kapasitas adsorpsi
- dilakukan perlakuan yang sama pada konsentrasi TPP 1%, 3%, 5%, dan 10%
- diulang tiap perlakuan sebanyak 3 kali perulangan (*triplo*).

Hasil

L.1.5 Preparasi Butiran Kitosan dengan Variasi Lama Perendaman

Kitosan

- ditimbang sebanyak 1,0 gram
- dilarutkan ke dalam 100 mL asam asetat 5%
- diaduk dan didiamkan selama 24 jam
- diteteskan 5 mL larutan kitosan ke dalam 10 mL variasi TPP optimum secara bertahap dengan terus diaduk
- ditunggu perendaman selama 3 jam
- disaring menggunakan kertas saring
- dibilas dengan akuades
- dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C
- diulang perlakuan di atas dengan variasi lama perendaman 6, 12, dan 24

Hasil

L.1.6 Adsorpsi Remazol Yellow FG dengan Variasi Lama Perendaman

Kitosan-TPP

- ditimbang 0,05 gram kitosan-TPP optimum dengan lama perendaman 3 jam
- dimasukkan ke dalam *beaker glass*
- ditambahkan 25 mL larutan Remazol Yellow FG konsentrasi 20 ppm yang telah dikondisikan pada pH 6
- di-*shaker* selama 2 jam pada kecepatan 100 rpm
- didiamkan selama 30 menit
- dipisahkan filtrat dan endapannya menggunakan kertas saring
- diukur absorbansi masing-masing filtrat menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum
- ditentukan kapasitas adsorpsi
- dilakukan perlakuan yang sama pada variasi lama perendaman 6, 12, 24 jam
- diulang tiap perlakuan sebanyak 3 kali perulangan (*triplo*).

Hasil

L.1.7 Karakterisasi Adsorben menggunakan Spektrometer FTIR

Serbuk kitosan, Butiran Kitosan-TPP

- Diambil sedikit menggunakan spatula
- digerus dengan serbuk KBr untuk pelet
- diuji pada bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{cm}^{-1}$ untuk mengetahui serapan inframerahnya

Hasil

Lampiran 2. Perhitungan Reagen

L.2.1 Pembuatan Larutan Asam Asetat 5%

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan yang akan dibuat (V}_2\text{)} &= 100 \text{ mL} \\ \text{Konsentrasi yang akan dibuat (M}_2\text{)} &= 5\% \\ \% \text{ v/v} &= \frac{\text{volume asam asetat}}{\text{volume larutan}} \\ 5\% &= \frac{\text{volume asam asetat}}{100 \text{ mL}} \\ \text{Volume asam asetat} &= 5\% \times 100 \text{ mL} \\ &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

L.2.2 Pembuatan HCl 1 M

$$\begin{aligned} \text{Berat molekul (Mr) HCl} &= 36,5 \text{ g/mol} \\ \text{Massa jenis HCl } (\rho) &= 1,18 \text{ g/mL} \\ \text{Konsentrasi HCl} &= 37\% \end{aligned}$$

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{Volume HCl (mL)}}{\text{Volume larutan (mL)}}$$

$$37\% = \frac{\text{volume HCl (mL)}}{100 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl (mL)} &= \frac{37}{100} \times 100 \text{ mL} \\ &= 37 \text{ mL} \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$\text{Konsentrasi 37\% HCl} = 11,9616 \text{ M}$$

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

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

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

$$V_1 = 8,3601 \text{ mL}$$

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

(butuh 8,4 mL HCL 37% untuk membuat 1M HCl 100 mL)

L.2.3 Pengenceran Larutan HCl 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi larutan HCl (M}_1\text{)} &= 1 \text{ M} \\ \text{Volume yang diinginkan (V}_2\text{)} &= 100 \text{ mL} \\ \text{Konsentrasi yang diinginkan (M}_2\text{)} &= 0,1 \text{ M} \end{aligned}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

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

$$V_1 = \frac{10 \text{ M} \cdot \text{mL}}{1 \text{ M}}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

L.2.4 Pengenceran Larutan HCl 0,01 M

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi larutan HCl (M}_1\text{)} &= 0,1 \text{ M} \\
 \text{Volume yang diinginkan (V}_2\text{)} &= 100 \text{ mL} \\
 \text{Konsentrasi yang diinginkan (M}_2\text{)} &= 0,01 \text{ M} \\
 M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\
 0,1 \text{ M} \cdot V_1 &= 0,01 \text{ M} \times 10 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,1 \text{ M} \cdot \text{mL}}{0,1 \text{ M}} \\
 &= 1 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

L.2.5 Pengenceran Larutan NaOH 2M

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi NaOH} &= 99,9\% \\
 \text{Massa molekul NaOH} &= 40 \text{ g/mol} \\
 \text{Volume larutan yang dibuat} &= 100 \text{ mL} \\
 \text{M NaOH} &= \frac{\text{massa NaOH (g)}}{\text{Mr NaOH (g/mol)}} \times \frac{1000}{\text{volume NaOH (mL)}} \\
 2 \text{ M} &= \frac{\text{massa NaOH (g)}}{40 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \times \frac{1000}{100 \text{ mL}} \\
 \text{Massa NaOH (g)} &= \frac{40 \text{ (g/mol)} \times 100 \text{ mL} \times 2}{1000} \\
 &= 8 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

L.2.6 Pembuatan Larutan Induk Remazol Yellow FG 1000 ppm

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi yang diinginkan} &= 1000 \text{ ppm} \\
 \text{Volume larutan yang dibutuhkan} &= 100 \\
 \text{Massa Remazol Yellow FG yang dibutuhkan} &= \\
 \text{Konsentrasi (ppm)} &= \frac{\text{massa Remazol Yellow FG (mg)}}{\text{volume larutan (L)}} \\
 100 \text{ ppm} &= \frac{\text{massa Remazol Yellow FG (mg)}}{0,1} \\
 \text{Massa (mg)} &= 1000 \text{ (mg/L)} \times 0,1 \text{ L} \\
 &= 100 \text{ mg} \sim 0,1 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

L.2.7 Pengenceran Larutan Induk Remazol Yellow FG 100 ppm

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi larutan remazol yellow FG (M}_1\text{)} &= 1000 \text{ ppm} \\
 \text{Volume yang diinginkan (V}_2\text{)} &= 100 \text{ mL} \\
 \text{Konsentrasi yang diinginkan (M}_2\text{)} &= 100 \text{ ppm} \\
 M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\
 1000 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{10000 \text{ ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}} \\
 &= 10 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

L.2.8 Pengenceran Larutan remazol yellow FG menjadi 5, 10, 15, 20, 25 ppm**a) 5 ppm**

$$\begin{aligned}
 M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\
 100 \text{ ppm} \times V_1 &= 5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

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

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

b) 10 ppm

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

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

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

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

c) 15 ppm

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

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

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

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

d) 20 ppm

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

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

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

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

e) 25 ppm

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

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

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

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

L.2.9 Pembuatan Larutan Tripolifosfat (TPP)**a) 1%**

$$\text{Konsentrasi Tripolifosfat} = 1\%$$

$$\text{Volume akuades} = 100 \text{ mL}$$

$$\% \text{ b/v} = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{\text{volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

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

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

$$\text{Massa (g)} = 1 \text{ gram}$$

b) 3%

$$\text{Konsentrasi Tripolifosfat} = 3\%$$

$$\text{Volume akuades} = 100 \text{ mL}$$

$$\% \text{ b/v} = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{\text{volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

$$3\% = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\text{Massa (g)} = \frac{3\% \times 100}{100\%}$$

$$\text{Massa (g)} = 3 \text{ gram}$$

c) 5%

$$\text{Konsentrasi Tripolifosfat} = 5\%$$

$$\text{Volume akuades} = 100 \text{ mL}$$

$$\% \text{ b/v} = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{\text{volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

$$5\% = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\text{Massa (g)} = \frac{5\% \times 100}{100\%}$$

$$\text{Massa (g)} = 5 \text{ gram}$$

d) 10%

$$\text{Konsentrasi Tripolifosfat} = 10\%$$

$$\text{Volume akuades} = 100 \text{ mL}$$

$$\% \text{ b/v} = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{\text{volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

$$10\% = \frac{\text{massa Tripolifosfat (g)}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

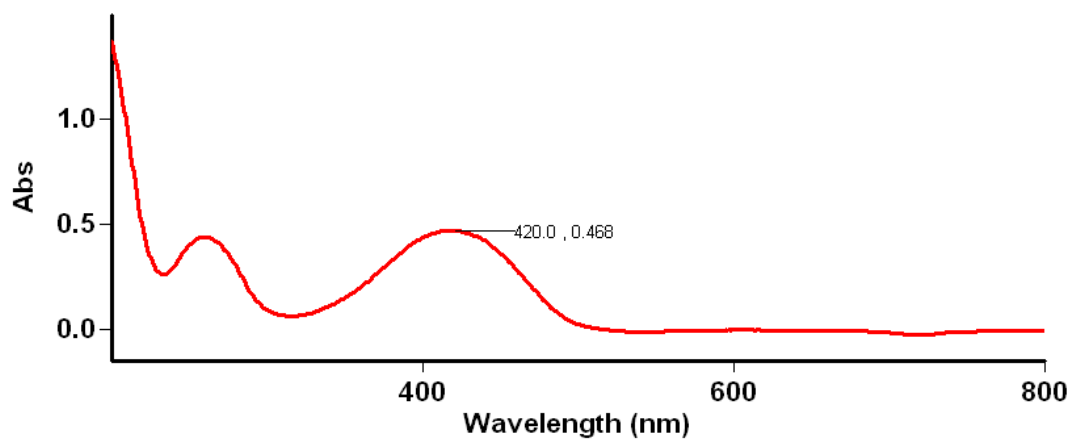
$$\text{Massa (g)} = \frac{10\% \times 100}{100\%}$$

$$\text{Massa (g)} = 10 \text{ gram}$$

Lampiran 3. Data Analisis

L.3.1 Data Panjang gelombang remazol yellow FG

Tanggal Analisa : 26 Juli 2022



Scan Analysis Report

Report Time : Tue 26 Jul 01:40:25 PM 2022

Method:

Batch: D:\Mahasiswa On Going\Majidah\Lamdha Maks Remazol Yellow (26-07-2022).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Remazol Yellow

Collection Time 7/26/2022 1:40:47 PM

Peak Table

Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
-----------------	-----

608.0	-0.004
420.0	0.468
259.0	0.439

L.3.2 Data kurva standar remazol yellow FG

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
5	0,173
10	0,291
15	0,422
20	0,548
25	0,676

L.3.3 Data absorbansi UV-Vis

a) Variasi konsentrasi TPP

variasi TPP	Ulangan	absorbansi sebelum adsorpsi	Absorbansi setelah adsorpsi
0%	1	0,557	0,501
	2	0,578	0,512
	3	0,58	0,519
1%	1	0,524	0,059
	2	0,545	0,066
	3	0,564	0,049
3%	1	0,549	0,061
	2	0,549	0,067
	3	0,549	0,064
5%	1	0,549	0,07
	2	0,549	0,085
	3	0,549	0,087
10%	1	0,549	0,104
	2	0,549	0,113
	3	0,549	0,144

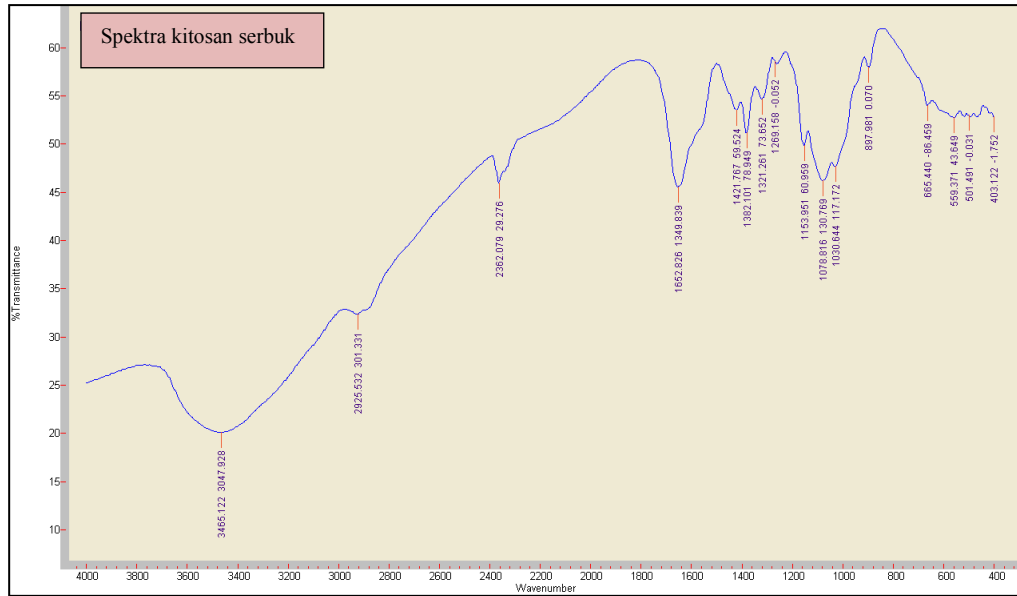
b) Variasi lama perendaman

variasi lama perendaman	Ulangan	absorbansi sebelum adsorpsi	absorbansi setelah adsorpsi
3 jam	1	0,524	0,059
	2	0,545	0,066
	3	0,564	0,049
6 jam	1	0,489	0,056
	2	0,488	0,065
	3	0,488	0,061
12 jam	1	0,496	0,064
	2	0,501	0,053
	3	0,5	0,056
24 jam	1	0,471	0,052
	2	0,468	0,045
	3	0,467	0,043

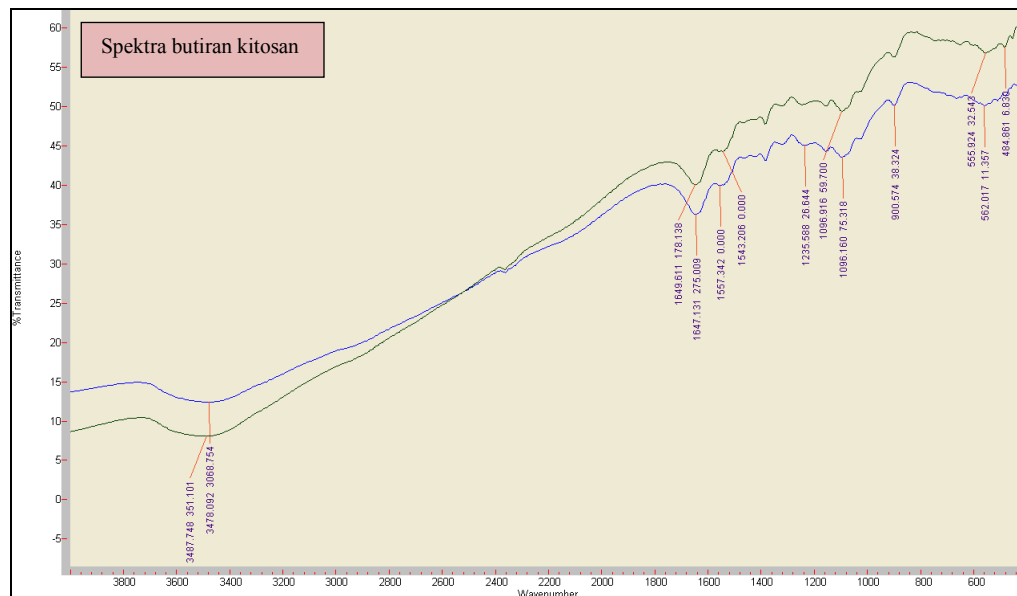
L.3.4 Data Hasil FTIR

Data Hasil FTIR

a) Kitosan serbuk



b) Butiran kitosan sebelum adsorpsi (garis hitam) dan setelah adsorpsi (garis biru)



Lampiran 4. Perhitungan Data dan Hasil

L.4.1 Perhitungan kapasitas adsorpsi remazol yellow FG variasi konsentrasi

TPP

variasi TPP	Ulangan	absorbansi sebelum adsorpsi	absorbansi setelah adsorpsi	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe rata2 (mg/g)	Stdev
0%	1	0,557	0,501	20,316	18,103	2,213	1,107	1,206	0,1
	2	0,578	0,512	21,146	18,538	2,609	1,304		
	3	0,58	0,519	21,225	18,814	2,411	1,206		
1%	1	0,524	0,059	19,012	0,6324	18,38	9,19	9,611	0,51
	2	0,545	0,066	19,842	0,9091	18,93	9,466		
	3	0,564	0,049	20,593	0,2372	20,36	10,18		
3%	1	0,549	0,061	20	0,7115	19,29	9,644	9,585	0,06
	2	0,549	0,067	20	0,9486	19,05	9,526		
	3	0,549	0,064	20	0,83	19,17	9,585		
5%	1	0,549	0,07	20	1,0672	18,93	9,466	9,256	0,18
	2	0,549	0,085	20	1,6601	18,34	9,17		
	3	0,549	0,087	20	1,7391	18,26	9,13		
10%	1	0,549	0,104	20	2,4111	17,59	8,794	8,472	0,41
	2	0,549	0,113	20	2,7668	17,23	8,617		
	3	0,549	0,144	20	3,9921	16,01	8,004		

Kurva standar ($y = 0,0253x + 0,0431$) dengan y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi.

- Konsentrasi awal (Ce)

$$= \frac{\text{absorbansi} - b}{a}$$

$$= \frac{0,557 - (0,0431)}{0,0253}$$

$$= 20,316 \text{ ppm}$$
- Konsentrasi akhir (Co)

$$= \frac{\text{absorbansi} - b}{a}$$

$$= \frac{0,501 - (0,0431)}{0,0253}$$

$$= 18,103 \text{ ppm}$$
- Konsentrasi yang teradsorpsi = Co-Ce

$$= 20,316 - 18,103 \text{ ppm}$$

$$= 2,213 \text{ ppm}$$
- Kapasitas adsorpsi (Qe)

$$= \frac{(Co - Ce)v}{m}$$

$$= \frac{(2,213) \times 0,025 \text{ mL}}{0,05 \text{ g}}$$

$$= 1,107 \text{ mg/g}$$

L.4.2 Perhitungan kapasitas adsorpsi remazol yellow FG variasi lama perendaman

variasi lama perendaman	Ulangan	absorbansi sebelum adsorpsi	absorbansi setelah adsorpsi	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe rata2 (mg/g)	Stdev
3 jam	1	0,524	0,059	19,012	0,632	18,379	9,19	9,611	0,51
	2	0,545	0,066	19,842	0,909	18,933	9,466		
	3	0,564	0,049	20,593	0,237	20,356	10,18		
6 jam	1	0,489	0,056	17,628	0,514	17,115	8,557	8,452	0,1
	2	0,488	0,065	17,589	0,87	16,719	8,36		
	3	0,488	0,061	17,589	0,711	16,877	8,439		
12 jam	1	0,496	0,064	17,905	0,83	17,075	8,538	8,722	0,16
	2	0,501	0,053	18,103	0,395	17,708	8,854		
	3	0,5	0,056	18,063	0,514	17,549	8,775		
24 jam	1	0,471	0,052	16,917	0,356	16,561	8,281	8,34	0,05
	2	0,468	0,045	16,798	0,079	16,719	8,36		
	3	0,467	0,043	16,759	0	16,759	8,379		

Kurva standar ($y = 0,0253x + 0,0431$) dengan y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi.

- Konsentrasi awal (Ce)

$$= \frac{\text{absorbansi} - b}{a}$$

$$= \frac{0,524 - (0,0431)}{0,0253}$$

$$= 19 \text{ ppm}$$
- Konsentrasi akhir (Co)

$$= \frac{\text{absorbansi} - b}{a}$$

$$= \frac{0,059 - (0,0431)}{0,0253}$$

$$= 0,632 \text{ ppm}$$
- Konsentrasi yang teradsorpsi = Co-Ce

$$= 19 - 0,632 \text{ ppm}$$

$$= 18,379 \text{ ppm}$$
- Kapasitas adsorpsi (Qe)

$$= \frac{(Co - Ce)v}{m}$$

$$= \frac{(18,379) \times 0,025 \text{ mL}}{0,05 \text{ g}}$$

$$= 9,19 \text{ mg/g}$$

L.4.3 One-Way ANOVA: Pengaruh Konsentrasi TPP terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Butiran KITOSAN

Method

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

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels Values
konsentrasi	5 0,00%; 1,00%;
TPP	3,00%; 5,00%; 10,00%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
konsentrasi	4	157,117	39,2792	410,15	0,000
TPP					
Error	10	0,958	0,0958		
Total	14	158,075			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,309464	99,39%	99,15%	98,64%

Means

konsentrasi TPP	N	Mean	StDev	95% CI
0,00%	3	1,2055	0,0988	(0,8074; 1,6036)
1,00%	3	9,611	0,510	(9,213; 10,009)
3,00%	3	9,5850	0,0593	(9,1869; 9,9831)
5,00%	3	9,256	0,184	(8,858; 9,654)
10,00%	3	8,472	0,415	(8,074; 8,870)

Pooled StDev = 0,309464

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

konsentrasi TPP	N	Mean	Grouping
1,00%	3	9,611	A
3,00%	3	9,5850	A
5,00%	3	9,256	A B
10,00%	3	8,472	B
0,00%	3	1,2055	C

Means that do not share a letter are significantly different.

L.6.4 One-Way ANOVA: Pengaruh Variasi Lama Perendaman terhadap Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Butiran Kitosan

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$
Rows unused	10

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels Values
Lama perendaman	4 3; 6; 12; 24

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lama perendaman	3	2,9873	0,99578	13,30	0,002
Error	8	0,5991	0,07489		
Total	11	3,5865			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,273664	83,29%	77,03%	62,41%

Means

Lama perendaman	N	Mean	StDev	95% CI
3	3	9,611	0,510	(9,247; 9,976)
6	3	8,4519	0,0995	(8,0876; 8,8163)
12	3	8,7220	0,1646	(8,3577; 9,0864)
24	3	8,3399	0,0523	(7,9756; 8,7043)

Pooled StDev = 0,273664

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Lama perendaman	N	Mean	Grouping
3	3	9,611	A
12	3	8,7220	B
6	3	8,4519	B
24	3	8,3399	B

Means that do not share a letter are significantly different

Lampiran 5. Dokumentasi**Perlakuan dan Hasil****Gambar**

Pembuatan larutan kitosan 1% dalam 5% asam asetat 100 mL yang telah didiamkan selama 24 jam



Pengikatsilangan TPP dengan kitosan



Butiran kitosan basah



Penyaringan dan pembilasan kitosan dengan akuades



Butiran kitosan kering



Diuji larutan absorbansi remazol yellow FG 20 ppm 25 mL (pH 6) sebelum dilakukan adsorpsi



Proses adsorpsi remazol yellow FG oleh kitosan



Adsorpsi kitosan variasi konsentrasi TPP



Adsorpsi kitosan-TPP 1% variasi lama perendaman



Diuji absorbansi larutan remazol yellow FG sesudah proses adsorpsi

