

**KAJIAN PEMANFAATAN PEKTIN
SEBAGAI KOAGULAN PEMBANTU
UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH SINTETIK
ZAT WARNA KONGO MERAH**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Felicia Miranda Kusumawardhany Haryanto (6141801015)

Andranysa Vimores Maria Rumondor (6141801127)

Pembimbing :

Hans Kristianto, S.T., M.T.

Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2022

STUDY ON THE UTILIZATION OF PECTIN AS AUXILIARY COAGULANT FOR SYNTHETIC WASTE TREATMENT OF CONGO RED DYES

Research Report

Arranged to fulfill the final task to achieve a degree
bachelor degree in Chemical Engineering

by:

Felicia Miranda Kusumawardhany Haryanto (6141801015)

Andranysa Vimores Maria Rumondor (6141801127)

Supervisor :

Hans Kristianto, S.T., M.T.

Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.



CHEMICAL ENGINEERING GRADUATE PROGRAM

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY

2022


LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : KAJIAN PEMANFAATAN PEKTIN SEBAGAI PEMBANTU
KOAGULAN UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH SINTETIK
ZAT WARNA KONGO MERAH**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 5 September 2022

Pembimbing 1


Hans Kristianto S.T., M.T.

Pembimbing 2


Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.

LEMBAR REVISI

**JUDUL : KAJIAN PEMANFAATAN PEKTIN SEBAGAI PEMBANTU
KOAGULAN UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH SINTETIK
ZAT WARNA KONGO MERAH**

CATATAN :

- Revisi pembahasan pada subbab 4.1 terkait pengaruh pH terhadap koagulasi (Halaman 31)
- Revisi gambar 4.2 (penambahan data koagulasi pada penggunaan koagulan alum 50 mg/L) (Halaman 32)
- Revisi gambar 4.5 (terdapat spasi antar *bar* pada grafik sebelum direvisi) (Halaman 35)
- Revisi gambar 4.6 (penambahan keterangan “*trace elements*” pada grafik (Halaman 37)
- Revisi pembahasan pada subbab 4.4 terkait isotherm adsorpsi (Halaman 38)

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 5 September 2022

Penguji 1



Dr. Ir. Asaf. K. Sugih

Penguji 2



Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Felicia Miranda Kusumawardhany Haryanto

NPM : 6141801015

Nama : Andranysa Vimores Maria Rumondor

NPM : 6141801127

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**Kajian Pemanfaatan Pektin sebagai Pembantu Koagulan
untuk Pengolahan Limbah Sintetik Zat Warna Kongo Merah**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 6 September 2022

**Felicia Miranda Kusumawardhany Haryanto
(6141801015)**

**Andranysa Vimores Maria Rumondor
(6141801127)**

INTISARI

Industri tekstil adalah industri yang menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak diolah lebih lanjut. Pengolahan limbah cair diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Salah satu caranya adalah koagulasi menggunakan koagulan inorganik; namun penggunaan koagulan inorganik memiliki dampak buruk untuk kesehatan manusia karena dapat menyebabkan demensia dan Alzheimer serta menghasilkan sludge yang tinggi dan bersifat non biodegradable. Penggunaan koagulan inorganik alum dapat diminimisasi dengan koagulan pembantu organik seperti pektin yang dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah cair; selain bersifat biodegradable juga menghasilkan sludge yang lebih rendah serta tidak berbahaya bagi kesehatan manusia.

Koagulasi zat warna kongo merah dilakukan dengan memvariasikan pH pada 3 – 8 menggunakan koagulan alum untuk menentukan pH terbaik koagulasi. Setelah pH terbaik didapatkan; dilanjutkan dengan variasi dosis koagulan pektin sebesar 0 – 30 mg/L dan konsentrasi zat warna sebesar 50 – 100 mg/L dengan menggunakan variasi jenis koagulan berupa koagulan tunggal alum saja (30 mg/L), kombinasi alum (30 mg/L) dan pektin (15 mg/L) serta koagulan tunggal pektin saja (15 mg/L). Respon yang diamati berupa persentase removal zat warna menggunakan metode spektrofotometri (UV-Vis) serta volume sludge menggunakan metode imhoff cone menentukan profil dan kondisi koagulasi terbaik.

Kondisi terbaik koagulasi zat warna kongo merah diperoleh pada pH 6 akibat adanya perbedaan muatan antara zat warna dan koagulan, di mana zat warna bermuatan negatif dan koagulan bermuatan positif sehingga mengakibatkan terjadinya charge neutralization. Dosis koagulan pektin terbaik pada proses koagulasi zat warna kongo merah berada pada 15 mg/L dengan tambahan dosis alum 30 mg/L; dengan persentase removal sebesar 97,77% dan volume sludge sebesar 14 mL/L. Pada variasi konsentrasi zat warna diperoleh penurunan kinerja seiring dengan kenaikan konsentrasi zat warna. Penggunaan koagulan tunggal berupa pektin saja tidak dapat memberikan persentase removal yang signifikan terhadap zat warna kongo merah; hanya sebesar 3,19%. Penggunaan koagulan tunggal berupa alum saja menunjukkan persentase removal yang relatif lebih rendah dan volume sludge yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan pektin dan alum. Penggunaan pektin dan alum dapat meningkatkan kinerja koagulasi dengan persentase removal sebesar 97,14% dan volume sludge sebesar 14 mL/L pada konsentrasi awal kongo merah 50 mg/L. Pada adsorpsi isotherm, model BET dapat digunakan untuk menggambarkan proses koagulasi zat warna kongo merah yang menunjukkan proses adsorpsi pada koagulasi berlangsung secara multilayer pada permukaan homogen.

Kata kunci : kongo merah, koagulasi, pektin, alum, koagulan pembantu

ABSTRACT

The textile industry is an industry that produces wastewater that can pollute the environment if it is not processed further. Therefore, a wastewater treatment process is required to overcome this problem. One way is to treat waste by coagulation using inorganic coagulants, but this coagulant has a bad impact on human health because it can cause dementia and Alzheimer's. The use of inorganic alum coagulants can be minimized with organic co-coagulants such as pectin because it is biodegradable, produces lower sludge and is not harmful to human health.

In this study, congo red solution was coagulated by varying the pH (3 – 8) using alum coagulant to determine the best pH for coagulation. After the best pH was obtained, the coagulation study was carried on by varying the dose of coagulant (0 – 30 mg/L) and then varying the concentration of dye (50 – 100 mg/L) with variations using alum alone (30 mg/L), alum (30 mg) /L) + pectin (15 mg/L) and pectin only (15 mg/L). The concentration of the coagulation was measured using a UV Vis spectrophotometer to determine the absorbance and also the sludge volume measurement with an Imhoff cone. The calculation of %removal and sludge volume were performed to determine the best profile and coagulation conditions.

Congo red dye coagulation had the best pH condition at pH 6 which occurred due to the difference in charge between the dye and the coagulant, where the dye is negatively charged and the coagulant is positively charged, resulting in charge neutralization. The best dose of coagulant in the congo red dye coagulation process is 15 mg/L with an additional dose of alum 30 mg/L where the increase of the dose resulted in a decrease in dye concentration which tends to be constant and the volume of sludge increased insignificantly. In this best condition, the % removal and sludge volume were 97.77% and 14 mL/L. At various dye concentration, the coagulation performance was decrease along with the increase in the dye concentration for the three variations. The use of pectin alone could not provide a significant % removal of the concentration of congo red dye because the % removal obtained was only 3.19%. The use of alum alone showed a relatively lower % removal and a higher and significant volume of sludge compared to the use of pectin and alum combination. The use of pectin and alum can improve coagulation performance with % removal obtained by 97.14% with a sludge volume of 14 mL/L at an initial concentration of 50 mg/L congo red. In the adsorption isotherm, the BET model can be used to describe the coagulation process of congo red dye which shows the adsorption process in coagulation takes place in multilayer on a homogeneous surface.

Keywords : red congo, coagulation, pectin, alum, coagulant.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Kajian Pemanfaatan Pektin sebagai Koagulan Pembantu untuk Pengolahan Limbah Sintetik Zat Warna Kongo Merah” tepat pada waktunya. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE-1864650 yaitu “Penelitian” di Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dalam penyusunan laporan penelitian ini, yaitu:

1. Bapak Hans Kristianto, S.T., M.T. dan Ibu Susiana Prasetyo S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, kritik, dan saran selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
3. Semua pihak yang turut berkontribusi sekecil apapun dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat di dalam laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran sebagai evaluasi bagi penulis. Penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca.

Bandung, 29 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	ix
1.1 Latar Belakang	ix
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis.....	3
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Tujuan Penelitian	4
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pektin	7
2.2 Koloid dan Destabilisasi Koloid	9
2.3 Kongo Merah	12
2.4 Pektin sebagai Bahan Pembantu Koagulan.....	13
2.5 Isoterm Adsorpsi	19
2.5.1 Adsorpsi Isoterm Freundlich.....	19
2.5.2 Adsorpsi Isoterm Langmuir	20

2.5.3 Adsorpsi Isoterm BET	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.4 Run Percobaan	26
3.5 Analisis.....	28
3.6 Lokasi dan Rencana Penelitian	29
BAB IV PEMBAHASAN	30
4.1 Pengaruh Kondisi pH Terhadap Koagulasi.....	30
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Koagulasi.....	31
4.3 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	35
4.4 Isoterm Adsorpsi.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN A: METODE ANALISIS	48
LAMPIRAN B: MATERIAL SAFETY DATA SHEET	53
LAMPIRAN C: HASIL ANTARA	60
LAMPIRAN D: GRAFIK	76
LAMPIRAN E: CONTOH PERHITUNGAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur molekul (a) Rhamnogalakturonan I (Svagan, dkk., 2016) dan (b) Rhamnogalakturonan II (Joseleau dan Pérez, 2016)	7
Gambar 2.2 Struktur molekul pektin-homogalakturonan (Schmidt, 2016).....	8
Gambar 2.3 Ilustrasi model <i>egg box</i> pada <i>low methoxy pectin</i> (Raj, 2012)	8
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>double layer</i> (Pal, 2015).....	9
Gambar 2.5 Ilustrasi mekanisme <i>double layer compression</i> (Demir, dkk., 2020)	10
Gambar 2.6 Ilustrasi mekanisme <i>charge neutralization</i> (Gregory, 2005).....	11
Gambar 2.7 Ilustrasi mekanisme <i>entrapment in a precipitate</i> (Gregory, 2005).....	12
Gambar 2.8 Ilustrasi (a) <i>particle bridging</i> dan (b) restabilisasi partikel (Gregory, 2005).....	12
Gambar 2.9 Struktur molekul pewarna kongo merah (Venkatesh, dkk., 2014)	13
Gambar 2.10 (a) Mekanisme <i>charge neutralization</i> oleh koagulan utama sebelum ditambahkan koagulan pembantu, dan (b) <i>interparticle bridging</i> setelah ditambahkan koagulan pembantu (Chua dkk., 2020).....	14
Gambar 2.11 Model jaringan tiga dimensi serupa <i>egg box</i> dari interaksi antara ion trivalen dan pektin (Günter, dkk., 2019)	15
Gambar 2.12 Struktur molekul zat warna kongo merah (a), pada (b) suasana asam, dan (c) suasana basa (Frid, dkk., 2007)	16
Gambar 2.13 Distribusi bentuk Al terhidrolisis sebagai fungsi pH.....	17
Gambar 2.14 Zeta potensial pektin pada berbagai kondisi pH (Shnoudeh, dkk., 2019)	18
Gambar 2.15 Adsorpsi persamaan Langmuir (Gawande, 2017)	20
Gambar 2.16 Adsorpsi isoterm BET	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2 Skema alat koagulasi (<i>jar test</i>).....	24
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan larutan kongo merah	25
Gambar 4.1 Profil pH koagulasi zat warna kongo merah (konsentrasi 50 mg/L)	30
Gambar 4.2 Profil konsentrasi koagulan pembantu terhadap %-removal zat warna.....	32
Gambar 4.3 Mekanisme <i>interparticle bridging</i> setelah penambahan pektin.....	33
Gambar 4.4 Kompleks yang terbentuk antara Al ³⁺ dan pektin (Günter, dkk., 2019).....	34
Gambar 4.5 Profil %-konsentrasi zat warna terhadap konsentrasi awal kongo merah.....	35
Gambar 4.6 Profil volume <i>sludge</i> terhadap konsentrasi awal kongo merah	37
Gambar 4.7 Perbandingan ukuran flok pada koagulasi (a) dengan pektin dan (b) tanpa pektin	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis terkait penelitian koagulasi limbah sintetik zat warna dengan koagulan polisakarida	6
Tabel 3.1 Run percobaan pada variasi pH koagulasi	27
Tabel 3.4 Rencana kerja penelitian.....	29
Tabel 4.1 Parameter model isoterm Langmuir, Freundlich dan BET	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil merupakan industri dengan tingkat penggunaan air serta senyawa kimia kompleks yang tinggi, sehingga menghasilkan jumlah air limbah yang tinggi dan mengandung berbagai jenis bahan kimia seperti zat warna, senyawa asam dan basa, pemutih, dan minyak (Taylor, dkk., 2008). Sekitar 2–50% senyawa kimia kompleks yang terbawa merupakan zat warna yang terbawa ke efluen proses pengolahan tekstil karena rendahnya efisiensi pewarnaan (McMullan, dkk., 2001). Oleh karena itu; efluen dari industri tekstil cenderung tinggi dalam hal intensitas warna, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, serta temperatur. Hal ini menyebabkan limbah yang dihasilkan bersifat toksik bagi lingkungan sehingga perlu diolah terlebih dahulu.

Dari berbagai metode pengolahan limbah sintetik zat warna yang dapat dilakukan, koagulasi-flokulasi menjadi metode yang paling sering digunakan karena efisiensinya yang tinggi serta terbilang ekonomis (Verma, dkk., 2012). Koagulan yang banyak digunakan adalah koagulan inorganik; seperti alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), FeCl_3 , dan PAC (*Poly Aluminum Chloride*) karena kemampuan menurunkan intensitas warna, *COD*, *BOD* dan kandungan logam beratnya yang tinggi (Crini, 2006). Di samping efisiensinya yang tinggi; penggunaan koagulan inorganik memiliki beberapa keterbatasan seperti harga yang relatif mahal, menurunkan alkalinitas air, menghasilkan *sludge* dalam jumlah besar, serta adanya kemungkinan akumulasi dampak buruk baik terhadap kesehatan maupun lingkungan (Yin, 2010). Oleh karena itu, penggunaan koagulan alami dapat menjadi alternatif yang dapat dipilih untuk menghindari dampak negatif koagulan inorganik. Koagulan alami dapat digunakan untuk mensubstitusi penggunaan koagulan inorganik, maupun sebagai bahan koagulan pembantu.

Bahan aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami adalah polisakarida, polifenol, serta protein yang memiliki karakteristik yang berbeda. Bahan aktif protein dapat memberikan kinerja yang baik namun melibatkan proses pemurnian yang relatif sulit dibandingkan bahan aktif lainnya (Choy, dkk., 2014), sedangkan penggunaan polifenol masih relatif terbatas. Di sisi lain, polisakarida relatif tersedia dalam jumlah yang banyak

dapat menjadi alternatif yang baik untuk digunakan sebagai koagulan alami. Penelitian sebelumnya sudah memanfaatkan berbagai sumber polisakarida sebagai koagulan alami; seperti pati dari beras, sagu dan jagung (Teh, dkk., 2014; Choy, dkk., 2014; Aziz dan Sobri 2015; Patel dan Vashi 2013) yang memiliki kinerja yang baik namun memiliki keterbatasan dalam aplikasinya karena berasal dari sumber pangan (Kristianto, dkk., 2020). Alternatif sumber non pangan yang dapat digunakan adalah limbah industri buah–buahan. Limbah buah–buahan ini tersedia dalam jumlah yang besar, memiliki harga yang relatif rendah, serta dapat membantu mengurangi volume limbah buah-buahan yang langsung dibuang jika dimanfaatkan terlebih dahulu. Limbah ini mengandung bahan aktif berupa polisakarida seperti pektin dan pati yang terbukti dapat meningkatkan aktivitas koagulasi (Kebaili, dkk., 2018).

Pektin dapat menjadi alternatif yang baik karena dapat langsung digunakan sebagai koagulan alami, sedangkan pati perlu dimodifikasi terlebih dahulu (Choy, dkk., 2014). Pektin memiliki struktur berupa rantai panjang serta kemampuan membentuk gel yang baik dengan kehadiran kation multivalen seperti Ca^{2+} (Cao, dkk., 2020). Dalam koagulasi, pektin yang merupakan polimer alami (Verma dkk., 2012); berperan sebagai koagulan pembantu yang dapat meningkatkan kinerja koagulan inorganik sebagai koagulan utama dengan mendorong pembentukan flok dan pengendapan melalui mekanisme adsorpsi dan *interparticle bridging* (Wu dan Ye, 2007). Namun, penelitian yang melibatkan pektin sebagai koagulan pembantu masih sangat terbatas dan membutuhkan kajian lebih lanjut. Pada penelitian ini akan dikaji terkait aplikasi pektin sebagai bahan pembantu koagulan untuk mengolah limbah sintetik zat warna kongo merah dengan metode koagulasi-flokulasi, serta variabel-variabel yang mempengaruhi prosesnya seperti pH, dosis koagulan pembantu, dan konsentrasi zat warna.

1.2 Tema Sentral Masalah

Koagulan inorganik memiliki efektivitas yang tinggi namun disertai dengan dampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan (Okuda, dkk., 2001). Penggunaan bahan alami sebagai pembantu koagulan dapat menurunkan dosis koagulan inorganik yang digunakan pada proses koagulasi-flokulasi, sehingga dampak negatif yang mungkin terjadi dapat ditekan. Kajian mengenai pemanfaatan bahan alami seperti polisakarida sebagai koagulan pembantu telah berhasil menurunkan konsentrasi zat warna pada limbah. Pektin

berpotensi menjadi bahan pembantu koagulan melalui mekanisme adsorpsi dan *interparticle bridging* karena struktur molekulnya berupa rantai panjang dan mengandung asam galakturonat (Wu dan Ye, 2007). Kajian kondisi koagulasi berupa pH, dosis pektin, konsentrasi zat warna serta mekanisme koagulasi oleh berbagai model adsorpsi isotherm seperti Langmuir, Freundlich dan BET perlu dieksplorasi efektivitas dan tingkat aktivitas koagulasinya oleh koagulan utama dan pembantu pada pengolahan limbah sintetik zat warna kongo merah.

1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap variasi pH dalam proses koagulasi limbah sintetik zat warna kongo merah?
2. Bagaimana profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap variasi dosis pektin sebagai koagulan pembantu dalam proses koagulasi limbah sintetik zat warna kongo merah?
3. Bagaimana profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap konsentrasi awal zat warna dalam proses koagulasi limbah sintetik zat warna kongo merah pada penggunaan koagulan alum dengan dan tanpa koagulan pembantu pektin?
4. Bagaimana parameter model Langmuir, Freundlich dan BET menggambarkan proses adsorpsi pada koagulasi limbah sintetik zat warna kongo merah pada variasi alum dan alum + pektin?

1.4 Premis

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian terhadap literatur mengenai koagulasi dengan pektin sebagai koagulan pembantu. Premis penelitian terkait koagulasi limbah sintetik zat warna dengan koagulan polisakarida tersaji pada **Tabel 1.1**.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, dirumuskan beberapa hipotesis sebagai berikut :

1. %-removal zat warna kongo merah meningkat pada rentang nilai pH di atas titik isoelektriknya (pH 3) hingga pH optimum tercapai (pH 6) (Yokoi, dkk., 2002). pH yang terus ditingkatkan di atas 3 akan menyebabkan kenaikan %-removal dan volume *sludge* hingga kondisi optimum. Pada pH optimum, kongo merah bermuatan negatif sehingga dapat dinetralisasi secara efektif oleh Al^{3+} . Pada pH yang lebih tinggi, koagulan alum bermuatan negatif sehingga %-removal zat warna semakin kecil akibat adanya restabilisasi muatan yang menghambat koagulasi (Choy, dkk., 2015).
2. Seiring peningkatan dosis koagulan pembantu; persentase penurunan konsentrasi zat warna meningkat hingga mencapai titik optimumnya. Pada dosis optimum, aktivitas koagulasi–flokulasi dengan mekanisme *interparticle bridging* akan meningkat sehingga menghasilkan lebih banyak partikel zat warna yang membentuk agregat dan mengendap (Mishra dan Bajpai, 2005). Apabila telah melewati batas dosis optimum, persentase penurunan konsentrasi zat warna menurun karena situs adsorpsi pada koloid yang semakin terbatas menyebabkan restabilisasi larutan yang diikuti dengan peningkatan volume *sludge*.
3. Pada dosis koagulan konstan, peningkatan konsentrasi zat warna akan menurunkan persentase penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* karena situs koagulan yang tersedia tidak cukup banyak untuk mengadsorpsi partikel zat warna. Pada konsentrasi zat warna yang tinggi, molekul polimer akan berinteraksi dengan partikel zat warna melalui mekanisme adsorpsi pada permukaan dan meninggalkan sisa partikel yang tidak dapat berikatan karena kurangnya situs molekul polimer (Mahmoudabadi, dkk., 2019).
4. Parameter model isoterm Langmuir dan Freundlich tidak dapat mendeskripsikan proses adsorpsi karena kedua parameter ini terlalu sederhana sehingga tidak ada kecocokan antara parameter dengan model. Parameter model BET yang merupakan pengembangan dari model Langmuir dapat mendeskripsikan proses adsorpsi karena parameter nya cocok dengan kompleksitas koagulasi yang terjadi (Ngteni, 2020).

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap dosis pektin pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah.

2. Mengetahui profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap pH pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah.
3. Mengetahui profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap konsentrasi zat warna yang digunakan pada penambahan pektin sebagai bahan pembantu koagulan serta perbandingannya terhadap penggunaan koagulan alum saja pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah.

1.7 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. **Bagi mahasiswa**, untuk mengetahui pengaruh dosis pektin sebagai bahan pembantu koagulan, pH dan konsentrasi zat warna yang digunakan pada proses koagulasi menggunakan koagulan alum terhadap penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* limbah sintetik zat warna kongo merah.
2. **Bagi industri**, lebih khusus untuk industri tekstil, untuk menerapkan penggunaan koagulan alami sebagai strategi untuk mengolah limbah cair yang memiliki kinerja setara bahkan lebih baik dari koagulan inorganik yang umum digunakan.
3. **Bagi lingkungan dan masyarakat**, dapat memberikan wawasan sehingga mampu meningkatkan pemanfaatan pektin dan diharapkan dapat menjadi salah satu metode alternatif yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan untuk menangani limbah zat warna.

Tabel 1.1 Premis terkait penelitian koagulasi limbah sintetik zat warna dengan koagulan polisakarida

Bahan Koagulan		Jenis Limbah	Kondisi Operasi				Hasil	Peneliti
Pembantu	Utama		Konsentrasi zat warna (mg/L)	Dosis Koagulan (mg/L)		pH		
				Utama	Pembantu			
Bubuk Polisakarida <i>Enteromorpha</i> (EP)	PAC	Limbah CuO NPs- <i>Humid Acid</i> (HA)	10	4	0	8	Dosis EP optimum: 0,3 mg/L [penurunan konsentrasi zat warna sebesar 87%]	Luo, dkk., 2018
					0,1			
					0,2			
					0,3			
					0,4			
					0,5			
Sodium Alginat (SA)	Alum	Limbah sintetik zat warna <i>Disp yellow</i> (RGFL)	2860		0,5	8	Dosis SA optimum: 1 mg/L [penurunan konsentrasi zat warna sebesar 80%]	Wu, dkk., 2012
					1			
					2			
Bubuk Polisakarida <i>Enteromorpha</i> (EP)	Alum	Limbah sintetik zat warna <i>Reactive blue 14</i>	25	25	0,5	4	pH optimum: 6–8 [penurunan konsentrasi zat warna sebesar 96%]	Zhao, dkk., 2014
						5		
						6		
						7		
						8		
	9							