

**KAJIAN KOAGULASI LIMBAH SINTETIK  
KONGO MERAH MENGGUNAKAN EKSTRAK  
KASAR PROTEIN PETAI CINA DENGAN  
PELARUT  $\text{FeCl}_3$**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh:

**Lie Verren**

(2015620049)

Pembimbing:

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

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL:** KAJIAN KOAGULASI LIMBAH SINTETIK KONGO MERAH  
MENGUNAKAN EKSTRAK KASAR PROTEIN PETAI CINA DENGAN  
PELARUT  $\text{FeCl}_3$

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 7 Agustus 2020

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lie Verren

NRP : 6215049

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**Kajian Koagulasi Limbah Sintetik Kongo Merah Menggunakan Ekstrak Kasar  
Protein Petai Cina dengan Pelarut  $\text{FeCl}_3$**

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, 7 Agustus 2020

Lie Verren  
(2015620049)

## LEMBAR REVISI

**JUDUL:** KAJIAN KOAGULASI LIMBAH SINTETIK KONGO MERAH  
MENGUNAKAN EKSTRAK KASAR PROTEIN PETAI CINA DENGAN  
PELARUT  $\text{FeCl}_3$

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 7 Agustus 2020

Penguji 1



Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.

Penguji 2



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

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“Kajian Koagulasi Limbah Sintetik Kongo Merah Menggunakan Ekstrak Kasar Protein Petai Cina dengan Pelarut  $\text{FeCl}_3$ ”**. Tujuan dari penyusunan laporan penelitian ini untuk memenuhi salah satu tugas akhir guna mencapai gelar sarjana pada bidang ilmu Teknik Kimia di Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan laporan penelitian ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Hans Kristianto, S.T., M.T. dan Ibu Susiana Prasetyo S., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan saran, dan meluangkan waktu selama penyusunan laporan penelitian ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis secara moral dan materi kepada penulis;
3. Teman-teman program studi Teknik Kimia, terutama Diaz, William, Diana, Peter, Dwiki, Vincent Suhar, Jonathan dan Martina yang telah memberikan semangat pada penulis;
4. Teman-teman penulis lainnya yang telah memberi dukungan dan motivasi kepada penulis; serta
5. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata penulis ingin mengucapkan terima kasih atas perhatiannya dan berharap laporan penelitian ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 7 Agustus 2020



Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis.....	3
1.5 Hipotesis.....	19
1.6 Tujuan Penelitian .....	19
1.7 Manfaat Penelitian .....	20
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	21
2.1 Petai Cina ( <i>Leucaena leucocephala</i> ) .....	21
2.2 Ekstraksi Protein .....	25
2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Protein.....	28
2.3 Koagulan Alami .....	30
2.3.1 Tahap Produksi Koagulan Alami .....	32

2.3.2 Mekanisme Koagulasi .....	33
2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi .....	36
2.4 Jenis Pewarna .....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	46
3.1 Metode Penelitian.....	46
3.2 Alat dan Bahan.....	47
3.3 Prosedur Penelitian.....	49
3.3.1 Ekstraksi Protein dari Biji Petai Cina.....	50
3.3.2 Penentuan Kondisi Optimum Koagulasi .....	51
3.4 Rancangan Percobaan .....	52
3.5 Analisis.....	53
3.6 Lokasi dan Jadwal Penelitian .....	54
BAB IV PEMBAHASAN.....	55
4.1 Ekstraksi Protein Biji Petai Cina.....	55
4.2 Koagulasi Zat Warna Menggunakan Ekstrak Kasar Protein Biji Petai Cina .....	56
4.2.1 Pengaruh Derajat Keasaman pada Koagulasi Zat Warna.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET.....	75
A.1 Asam Fosfat.....	75
A.2 Bovine Serum Albumine .....	76
A.3 Coomassie Brilliant Blue G-250 .....	77
A.4 Congo red .....	79
A.5 Etanol 95% .....	80
A.6 NaOH .....	81

A.7 HCl 36%.....	83
LAMPIRAN B METODE ANALISA .....	85
B.1 Penentuan Kadar Protein dengan Metode Bradford (Bradford, 1976).....	85
B.2 Penurunan Warna Limbah Sintetik (Spektrofotometer UV-Vis) .....	86
B.3 Analisis Volume Sludge (APHA, 1988) .....	89
LAMPIRAN C HASIL ANTARA.....	91
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN .....	94
D.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kongo Merah .....	94
D.2 Pembuatan Kurva Standar Protein dan Kongo Merah .....	94
D.3 Penentuan Pengaruh pH terhadap Ekstraksi Protein Biji Petai Cina.....	94
D.4 Penentuan Persentase Removal Kongo Merah.....	95
D.5 Penentuan Volume Sludge .....	95



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tanaman petai cina .....	21
<b>Gambar 2.2</b> Morfologi biji peta cina menggunakan X-ray test.....	23
<b>Gambar 2.3</b> Ion zwitter pada pH netral .....	23
<b>Gambar 2.4</b> Ion zwitter saat penambahan : (a) basa dan (b) asam .....	24
<b>Gambar 2.5</b> Struktur molekul (a) asam glutamat dan (b) asam aspartat .....	25
<b>Gambar 2.6</b> Interaksi ion klorida dengan struktur protein.....	26
<b>Gambar 2.7</b> Model profil tingkat kelarutan protein terhadap kekuatan ion .....	27
<b>Gambar 2.8</b> Kisaran ukuran padatan yang terdapat dalam air.....	30
<b>Gambar 2.9</b> Tahap produksi koagulan alami secara umum.....	33
<b>Gambar 2.10</b> Proses koagulasi sweep flocculation.....	34
<b>Gambar 2.11</b> Proses koagulasi mekanisme adsorption and charge neutralization .....	35
<b>Gambar 2.12</b> Efek dosis koagulan terhadap proses koagulasi.....	37
<b>Gambar 2.13</b> Struktur Congo Red pada kondisi: (a) basa dan (b) asam.....	38
<b>Gambar 2.14</b> Indigoid vat dye .....	39
<b>Gambar 2.15</b> Pewarna sulphur dye (C.I Sulphur Blue 9).....	39
<b>Gambar 2.16</b> C.I Azoic Coupling Component 2 .....	40
<b>Gambar 2.17</b> Pewarna MCT (C.I. reactive red 3).....	40
<b>Gambar 2.18</b> Pewarna Bis(monochloro-s-triazine) (C.I. Reactive Red 120).....	41
<b>Gambar 2.19</b> Pewarna dichloroquinoxaline .....	41
<b>Gambar 2.20</b> Pewarna 2,4 Difluoro-5-choloro-pyrimidine (C.I. Reactive Red 147).....	42
<b>Gambar 2.21</b> Pewarna 2,4,5-Trichloro-pyrimidine (C.I. Reactive Red 17) .....	42
<b>Gambar 2.22</b> pewarna vinyl suphone .....	43
<b>Gambar 2.23</b> Pewarna bifunctional reactive.....	43
<b>Gambar 2.24</b> Pewarna C.I Acid Red 266 (monoazo) .....	44
<b>Gambar 2.25</b> Pewarna C.I. Acid Red 183 (1:1 metal-complex).....	44
<b>Gambar 2.26</b> Pewarna disperse (C.I Disperse Red 7).....	45
<b>Gambar 2.27</b> Pewarna basic (C.I Basic Blue 22) .....	45
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir singkat penelitian.....	46
<b>Gambar 3.2</b> Rangkaian alat ekstraksi .....	48
<b>Gambar 3.3</b> Rangkaian alat koagulasi .....	48
<b>Gambar 3.4</b> Diagram alir pre-treatment biji petai cina.....	49

<b>Gambar 3.5</b>	Diagram alir ekstraksi protein.....	51
<b>Gambar 3.6</b>	Diagram alir proses koagulasi.....	52
<b>Gambar 4.1</b>	Profil konsentrasi protein ekstrak petai cina terhadap pH .....	55
<b>Gambar 4.2</b>	Persentase removal zat warna terhadap pH .....	57
<b>Gambar 4.3</b>	Koagulasi pada pH 2 (a), pH 3 (b), pH 6 (c) dan pH 10 (d) .....	57
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik hidrolisis Fe (III) .....	58
<b>Gambar 4.5</b>	Volume sludge terhadap pH .....	60
<b>Gambar 4.6</b>	Persentase removal zat warna terhadap dosis koagulan.....	60
<b>Gambar 4.7</b>	Volume sludge terhadap dosis koagulan .....	62
<b>Gambar 4.8</b>	Perbandingan persentase removal zat warna terhadap dosis koagulan.....	62
<b>Gambar 4.9</b>	Mekanisme charge neutralization (a) bridging flocculation (b) .....	63
<b>Gambar 4.10</b>	Perbandingan volume sludge terhadap dosis koagulan .....	64
<b>Gambar B.1</b>	Diagram alir penentuan kadar protein menggunakan metode Bradford .....	86
<b>Gambar B.2</b>	Diagram alir penentuan panjang gelombang maksimum limbah sintetik. ....	87
<b>Gambar B.3</b>	Diagram alir kurva standar limbah sintetik.....	88
<b>Gambar B.4</b>	Diagram alir Analisis volume sludge secara volumetrik .....	89
<b>Gambar B.5</b>	Diagram alir Analisis volume sludge secara gravimetrik .....	90
<b>Gambar C.1</b>	Kurva Standar Kongo merah .....	91
<b>Gambar C.2</b>	Kurva standar Bradford menggunakan pelarut FeCl <sub>3</sub> .....	91
<b>Gambar C.3</b>	Konsentrasi protein ekstrak petai cina terhadap pH menggunakan pelarut FeCl <sub>3</sub> .....	92
<b>Gambar C.4</b>	Pengaruh pH pada koagulasi zat warna .....	92
<b>Gambar C.5</b>	Pengaruh dosis koagulan pada koagulasi zat warna .....	92
<b>Gambar C.6</b>	Pengaruh dosis koagulan FeCl <sub>3</sub> pada koagulasi zat warna .....	93

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam.....	4
<b>Tabel 1.2</b> Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam .....	11
<b>Tabel 2.1</b> Asam amino penyusun protein biji petai cina .....	24
<b>Tabel 3.1</b> Bahan kimia untuk analisis.....	48
<b>Tabel 3.2</b> Pengaruh pH menggunakan pelarut $\text{FeCl}_3$ .....	53
<b>Tabel 3.3</b> Rancangan Percobaan koagulasi limbah cair sintetik Kongo merah.....	53
<b>Tabel 3.4</b> Jadwal Kerja Penelitian .....	54
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan koagulasi penelitian sebelumnya menggunakan pewarna Kongo merah.....	65

## INTISARI

Pada umumnya pengolahan air pada skala industri menggunakan koagulan kimia yang memiliki beberapa kelemahan. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah penggunaan koagulan alami di mana koagulan alami telah terbukti cukup efektif untuk proses pengolahan air. Bahan alami koagulan alami dapat berasal dari polisakarida atau protein di mana pada penelitian ini menggunakan ekstrak kasar protein biji petai cina. Hal ini di karenakan kandungan protein pada biji petai cina yang tinggi ( $\pm 31\%$ -basis kering) sehingga dapat digunakan sebagai zat aktif koagulan untuk mengkoagulasi limbah sintetik Kongo merah. Garam  $\text{FeCl}_3$  digunakan sebagai pelarut saat mengekstraksi protein dari biji petai cina karena diprediksi dapat meningkatkan aktivitas koagulasi dibandingkan garam monovalen.

Terdapat 2 bagian pada penelitian ini yaitu ekstraksi protein biji petai cina dan koagulasi limbah sintetik Kongo merah oleh ekstrak kasar protein. Ekstraksi protein dilakukan secara *batch* dengan pengontakan dispersi menggunakan garam  $\text{FeCl}_3$  pada variasi pH 2-9 dengan interval 1. Metode yang digunakan untuk pengujian perolehan protein petai cina adalah metode Bradford. Penelitian untuk mengkoagulasi Kongo merah oleh ekstrak kasar protein dilakukan dengan memvariasikan 2 parameter yaitu derajat keasamaan (2-10) dan dosis koagulan (4-44 mL/L) dengan konsentrasi zat warna konstan 50 ppm. Respon yang ingin diketahui dari penelitian ini adalah mengetahui profil pH terhadap konsentrasi protein menggunakan pelarut  $\text{FeCl}_3$  serta mengetahui pengaruh derajat keasamaan dan dosis koagulan pada koagulasi limbah sintetik Kongo merah menggunakan ekstrak kasar protein petai cina terhadap penurunan zat warna (spektrofotometer UV-Vis) dan volume *sludge* (APHA 1988).

Konsentrasi protein optimum yang dihasilkan dari proses ekstraksi berada pada pH 2 sebesar 1,8 mg eq BSA/mL. Derajat keasamaan (pH) terbaik pada proses koagulasi dengan dosis koagulan konstan sebesar 20 mL/L berada pada pH 6 dengan persentase *removal* sebesar 95,30% dan *volume sludge* sebesar 10 mL/L. Dosis koagulan terbaik pada proses koagulasi dengan pH konstan 6 menggunakan koagulan  $\text{FeCl}_3$ +ekstrak yaitu 20 mL/L dengan persentase *removal* sebesar 94,71% dan *volume sludge* sebesar 9 mL/L; menggunakan koagulan  $\text{FeCl}_3$  dengan dengan persentase *removal* sebesar 91,37% dan *volume sludge* sebesar 8 mL/L.

**Kata kunci:** Biji petai cina,  $\text{FeCl}_3$ , koagulan alami, koagulasi, zat warna

## ABSTRACT

Water treatment on industrial scale uses chemical coagulants that have some disadvantages. A solution that can be done to overcome these weaknesses is the use of natural coagulants where natural coagulants have proven to be effective enough for water treatment.. Natural ingredients of natural coagulants can come from polysaccharides or proteins. In this study we used crude extract of *Leucaena* seed proteins as natural coagulant; because of high protein content in the *Leucaena* seeds ( $\pm 31\%$ -dry base) that can be used as a coagulant active substance to coagulate Congo red synthetic waste.  $\text{FeCl}_3$  salt is used as a solvent when extracting proteins from *Leucaena* seeds because it is predicted that  $\text{FeCl}_3$  could increase coagulation activity compared to monovalent salts.

There were 2 parts in this study, namely extraction of *Leucaena* seed proteins and coagulation of the Congo red synthetic waste by crude protein extract. Protein extraction was performed in batches using  $\text{FeCl}_3$  solution in pH variations of 2-9 with an interval of 1. The method used for testing the concentration of *Leucaena* protein is the Bradford method. Coagulation study of Congo red by crude protein extract was done by varying 2 parameters, namely pH (2-10) and coagulant dose (4-44 mL/L) with a constant dye concentration of 50 ppm. The responses that was observed from this study were the pH profile of protein concentrations using the  $\text{FeCl}_3$  solvent as well as to determine the effect of pH and coagulant dose on the coagulation of synthetic the Congo red to dye removal (UV-Vis spectrophotometers) and volume sludge (APHA 1988)

The best protein concentration produced from the extraction process was at pH 2 of 1.8 mg eq BSA/mL. The best pH in the coagulation process with a constant coagulant dose of 20 mL/L was at pH 6 with a percentage of removal of 95.30% and a sludge volume of 10 mL/L. The best dose of coagulant in the coagulation process with a constant pH of 6 using the  $\text{FeCl}_3$ -extract coagulant was 20 mL/L with a removal percentage of 94.71% and a sludge volume of 9 mL/L; compared to  $\text{FeCl}_3$  coagulant with removal percentage of 91.37% and sludge volume of 8 mL/L.

**Keywords:** *Leucaena* seed,  $\text{FeCl}_3$ , natural coagulant, coagulation, dye

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu industri terbesar dan termasuk industri yang berkembang pesat di dunia termasuk negara Indonesia. Industri ini biasanya mengkonsumsi air dengan banyak dan menghasilkan limbah yang bervariasi tergantung pada produk yang dihasilkan seperti pewarna, biosida, dan detergen (Eremektar, et al., 2007). Limbah yang dihasilkan industri tekstil biasanya banyak mengandung zat warna, pigmen zat warna dan kandungan organik. Saat ini terdapat 10.000 jenis zat warna dan pigmen warna yang berbeda dengan produktivitas lebih dari 700.000 ton pewarna yang diproduksi di seluruh dunia (Gomez, et al., 2007). Keluaran proses pewarnaan biasanya mengandung sebagian besar logam, garam dan zat pewarna (Bisschops & Spanjers, 2003). Limbah buangan pewarna biasanya tidak dapat diolah dengan cara konvensional karena zat warna biasanya memiliki struktur molekul aromatik yang kompleks sehingga membuat komponen lebih stabil dan tidak mudah terurai (Mohan, et al., 2008). Oleh karena itu seiring berkembangnya teknologi, terdapat banyak upaya untuk pengolahan limbah industri tekstil (Eremektar, et al., 2007).

Koagulasi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dan paling efektif untuk menghilangkan pewarna pada limbah industri. Metode ini dapat menyerap polutan pada limbah dan memisahkan produk yang terbentuk berupa *sludge*, sangat efisien untuk menghilangkan *suspended solid* dan koloid, mengurangi BOD dan COD limbah, serta dapat digunakan dalam unit operasi skala besar dengan operabilitas yang relatif tinggi dan modal biaya yang efektif (Zonoozi, et al., 2009; Crini & Lichtfouse, 2019).

Pada negara berkembang, penghilangan pewarna tekstil menggunakan bahan alami sebagai bahan dasar utama koagulan sebagai pengganti koagulan kimia (Madrona, et al., 2010). Penggunaan koagulan kimia membutuhkan biaya yang mahal dan menyebabkan perubahan pH air yang diolah, jumlah lumpur yang cukup besar dan berpotensi menyebabkan beberapa resiko penyakit bagi kesehatan manusia (Yin, 2010; Razak, et al., 2017; Madrona, et al., 2010). Koagulan alami dapat menjadi alternatif menggantikan koagulan kimia karena menghasilkan lebih sedikit lumpur yang *biodegradable*, biaya yang dibutuhkan rendah, meningkatkan kualitas air, dan tidak menimbulkan penyakit (Yin, 2010; Razak, et al., 2017; Sobsey, 2002).

Penelitian terkait koagulan alami ini telah banyak dilakukan menggunakan bahan dasar yaitu biji nirmali (*Strychnos potatorum*), biji kelor (*Moringa oleifera*), tannin dan kaktus karena mengandung agen aktif dengan aktivitas koagulan yang baik (Yin, 2010; Razak, et al., 2017; Madrona, et al., 2010). Penelitian ini mengkaji pemanfaatan ekstrak kasar protein biji petai cina dengan pelarut garam  $\text{FeCl}_3$  sebagai alternatif koagulan alami untuk pengolahan limbah industri. Penggunaan pelarut garam  $\text{FeCl}_3$  diprediksi dapat menghasilkan aktivitas koagulan yang efektif dibandingkan dengan pelarut garam monovalen (Ramavandi, 2014) sehingga dapat meningkatkan efektivitas koagulasi.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Limbah tekstil mengandung banyak pewarna dan selama ini diolah menggunakan koagulan kimia yang memiliki berbagai kelemahan (Yin, 2010; Razak, et al., 2017; Madrona, et al., 2010). Ekstrak biji petai cina berpotensi untuk digunakan sebagai koagulan alami untuk mengolah limbah pewarna karena kadar protein yang tinggi dalam biji petai cina dapat menjadi zat aktif koagulan (Kristianto, 2017). Penggunaan pelarut garam  $\text{FeCl}_3$  dalam proses ekstraksi protein diprediksikan dapat meningkatkan efektivitas koagulasi (Ramavandi, 2014). Secara umum efektivitas koagulasi dapat dipengaruhi oleh dosis koagulan dan derajat keasamaan (pH) (Sahu & Chaudhari, 2013). Pengaruh derajat keasamaan (pH) dan dosis koagulan terhadap profil penurunan zat warna dan *volume sludge* limbah zat warna Kongo merah menggunakan ekstrak protein biji petai cina (*Leucaena leucocephala Lam.*) menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

## 1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa masalah yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana profil pengaruh derajat keasamaan (pH) terhadap konsentrasi protein pada ekstraksi biji petai cina menggunakan larutan garam  $\text{FeCl}_3$ ?
2. Bagaimana profil pengaruh derajat keasamaan (pH) dan dosis koagulan terhadap penurunan zat warna dan *volume sludge* limbah zat warna Kongo merah?
3. Bagaimana perbandingan kinerja koagulasi limbah zat warna Kongo merah menggunakan koagulan  $\text{FeCl}_3$ +ekstrak biji petai cina dan koagulan  $\text{FeCl}_3$ ?

#### **1.4 Premis**

Berdasarkan studi pustaka yang diperoleh dapat disusun dalam beberapa premis yang menjadi dasar penelitian ini disajikan pada **Tabel 1.1** dan **1.2**.



**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)			Kondisi Ekstraksi					Post-Treatment	Hasil	Sumber	
			NaCl	CaCl <sub>2</sub>	Air suling	F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur				Waktu
1	Biji <i>Moringa oleifera</i> Lam. dewasa	1. Pengupasan kulit biji	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	Air suling						10 menit	1. Penambahan NaOH 0,2 N atau HCl 0,2 N	1. Waktu ekstraksi optimum NaCl 10 menit (58,66%)	(Govardhan Singh, et al., 2011)
		2. Pengecilan ukuran ( <i>flacking machine</i> )	0.05 – 2M			(1:20) g/mL					20 menit	2. Pengadukan suspensi (45 menit)	2. Waktu ekstraksi optimum CaCl <sub>2</sub> 20 menit (73,67%)	
		3. Pengeringan (50 – 55°C; 4 jam)				(1:10) g/mL						3. Sentrifugasi (6000 rpm; 30 menit)	3. Konsentrasi NaCl optimum 0,75M	
		4. Penghilangan minyak (pembilasan berulang dengan n-heksana)	0.5M	0.75M	-	(1:15) g/mL					30 menit	4. Penentuan kandungan protein (metode kjeldahl)	4. Konsentrasi CaCl <sub>2</sub> optimum 0,5M	
		5. Pengeringan (30°C; 24 jam)	-	-	10 mL	(1:20) g/mL	2-10	0,149 mm	-	25 °C	45 menit		5. Ekstraksi maksimum dengan 0,75 M NaCl sebesar 78,19%	
		6. Pengecilan ukuran biji				(1:30) g/mL							6. Ekstraksi maksimum dengan 0,5 M CaCl <sub>2</sub> sebesar 83,52%	
		7. Penyimpangan serbuk biji (wadah kedap udara di bawah pendingin)	0.5M	-	50 mL	(1:10) g/mL					40 menit		7. Rasio B:P maksimum 1:10 g/ml (NaCl dan CaCl <sub>2</sub> )	
						(1:50) g/mL					50 menit		8. Peningkatan kelarutan protein pada pH 2-4,5-7,10	
									60 menit					
									120 menit					

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (*lanjutan*)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi						Post-Treatment	Hasil	Sumber	
				F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur	Waktu				
2	Biji kacang hijau ( <i>Vigna unguiculata</i> (L.))	1. Pengeringan, pembersihan dan pengecilan ukuran biji	Air suling							1. Sentrifugasi (3000 g; 30 menit)			
		2. Penghilangan lemak pada serbuk (NaOH 1N; (1:10) g/mL)								2. Penggunaan supernatan untuk penentuan protein larut dalam air			
		3. Pengadukan (1 jam)	NaCl 1M										
		4. Sentrifugasi (9000 g; 15 menit)											
		5. pH supernatan 4 (HCl 2N)											
		6. Pemanasan (90°C; 10 menit)	Etanol 70%	(3.5:50) g/mL	-	0,4 mm	-	Temperatur ruang	30 menit		1. Protein dari ekstrak biji kacang hijau 26,8%		
		7. Pendinginan (temperatur ruang)									2. Ekstrak protein dari berbagai pelarut (95,7%)		
		8. Sentrifugasi (9000 g; 15 menit)									3. Kelarutan protein maksimum pada pH 10		
		9. Residu dilarutkan dalam air dan didialisis dengan air suling (4°C; 24 jam)	NaOH 0.2%										
		10. Pembekuan kering											(Ragab, et al., 2004)

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (lanjutan)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi						Post-Treatment	Hasil	Sumber
				F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur	Waktu			
3	Biji tamarin ( <i>tamarindus indica</i> )	1. Pencucian biji dengan air dan pemilihan biji yang baik 2. Pengeringan hingga kelembaban 12-14% (basis kering) (1 minggu) 3. Penyimpanan biji (temperatur ruang; 1 bulan) 4. Pengecilan ukuran biji 5. Pengupasan kulit coklat	NaCl 1M	(1:8) g/mL	10	0,149-0,177 mm	-	Temperatur ruang	30 menit	1. Sentrifugasi (6000 rpm; 15 menit) 2. Ekstraksi kedua (200 ml NaCl 1M) 3. Penambahan HCl 1N dan NH <sub>4</sub> Cl 4. Sentrifugasi (8000 rpm; 20 menit) 5. Supernatan protein didialisis dengan air suling (2-4°C; 2 hari) 6. Penggantian air suling 9 L setiap 8 jam 7. Freeze dried (24 jam)	1. Protein biji 18,1±1,3% (basis basah)	(Bhattacharya, et al., 1994)

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (lanjutan)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi						Post-Treatment	Hasil	Sumber
				F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur	Waktu			
4	Biji <i>faba</i> beans ( <i>Vicia faba</i> L.)	1. Pengelupasan biji 2. Pengecilan ukuran	NaOH 0,5M dan HCl 0.5M	(1:40) g/mL	11	0,25 mm	-	Temperatur ruang	1 jam	1. Sentrifugasi 2. Supernatan didilusi (air dingin) 3. Presipitasi 4. Dehidrasi (50°C)	1. Tingkat kelarutan protein maksimum pada NaCl 0,5 M 2. pH optimum sebesar 8 atau lebih besar dari 8 3. Ekstraksi dengan Pelarut NaCl menghasilkan kandungan protein tertinggi	(Abdel-Aal, et al., 1986)
	Biji <i>decoated chick peas</i> ( <i>Cicer Arietinum</i> )		NaCl (0,5 M)									
	Biji <i>fenigreek</i> ( <i>Trigonella foenum graecum</i> )		Larutan alkali (pepsin atau pankreatin 1-3 mg enzim/ g sampel)									
5	Biji <i>Phaseolus</i>	1. Pengecilan ukuran biji	CuSO <sub>4</sub>	(1:125) g/mL	2-10	0,149 mm	-	-	2 jam	1. Sentrifugasi (2500 rpm; 15 menit)	1. Pelarut NaHCO <sub>3</sub> memiliki persen protein terbesar 2. Konsentrasi pelarut 0,25 N (tingkat protein terbesar) 3. pH 2 ke 10 meningkatkan persen total nitrogen	(Pant & Tulsiani, 1969)
		2. Penghilangan minyak dengan petroleum eter (60-80°C)	NaCl									
		3. Pengulangan penghilangan biji dengan etanol 80%	KCl									
		4. Pengeringan	KBr									
		5. Residu dicuci 2 kali dengan petroleum eter dan dilarutkan dalam air	KI									
	NaHCO <sub>3</sub>	0,25N; 0,50N; 1N										
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>											
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>											

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (lanjutan)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)		Kondisi Ekstraksi					Post-Treatment	Hasil	Sumber		
					F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur				Waktu	
6	Biji <i>Lupinus termis L.</i>	1. Pembersihan dan penggilingan biji ( <i>electric mill</i> ) 2. Pembungkusan biji dengan kantong polietilen 3. Penyimpanan (4°C)	Air suling		(1:100) g/mL	-	-	-	-	30 menit	1. Penambahan ekstrak 0,1 N HCl hingga pH 4 2. Pencucian ekstrak dengan air 3. Sentrifugasi 4. <i>Freeze dried</i>	1. Protein yang terekstrak sebesar 28,46% (air suling); 43,54% (NaCl); dam 79,72% (NaOH) 2. Konsentrasi pelarut NaOH pada 0,1N dapat mengekstraksi protein terbesar (79,72%) 3. Rasio F:S optimum sebesar 1:200 (80,91%; NaOH 0,1N) 4. Waktu ekstraksi optimum adalah 30 menit (79,769%; NaOH 0,1N)	(Osman & Sarkadi, 1990)	
			NaCl 5%											
			0.025N	1:100										10 menit
			0.05N	1:50										20 menit
			NaOH 0.1 N	0.1N										1:100
0.5N	1:150	40 menit												
1N	1:150	50 menit												

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (lanjutan)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi					Post-Treatment	Hasil	Sumber		
				F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur				Waktu	
7	Biji <i>Moringa oleifera</i> (MSM)	1. Pengurangan kadar minyak 2. <i>Air-dried</i> (25–28°C; 24 jam) 3. Pengecilan ukuran ( <i>stainless steel control sieve</i> ; 100 mesh)	NaCl 0.75 M	(1:5)	5,5	149 $\mu$ m	-	30-100 °C	1 jam	1. Pengadukan (1 jam; pH 5,5) 2. Sentrifugasi (6000 rpm; 15 menit)	1. Rasio F:S optimum adalah (1:20) (67,8%) 2. Temperatur inkubasi konstan pada 40-70 °C (10 menit) 3. Waktu inkubasi optimum sebesar 10 menit (NaCl 0,75M) 4. Konsentrasi garam optimum 0,25M 5. Garam optimum berupa garam monovalen (NaCl; 65%)	(Jain, et al., 2019)	
			NaCl	(1:10)									g/mL
			KCl	(0,15M; 0,25M; 0,50M; 0,75M; 1 M)									g/mL
			CaCl <sub>2</sub>										
			MgCl <sub>2</sub>	(1:15)									g/mL
			Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>										
			Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	(1:20)									
			CH <sub>3</sub> COONa										
			NaCl	0,25 M									
			NaBr										2-11
NaI		(1:25)	g/mL										
NaSCN													

**Tabel 1.1** Ekstraksi protein dengan ekstrak biji kacang-kacangan menggunakan pelarut garam (lanjutan)

No	Bahan Baku (F)	Pre-Treatment	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi					Post-Treatment	Hasil	Sumber	
				F : S	pH	Ukuran Partikel	Buffer	Temperatur				Waktu
8	Biji Cowpea ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp)	1. Pengecilan ukuran (35 mesh) 2. Penghilangan kadar minyak (petroleum eter; temperatur ruang; 48 jam) 3. Air-dried (27°C)	NaCl 1N	(1:10) g/mL	2-9	35 mesh	-	Temperatur ruang	2 jam	1. Sentrifugasi (3000 rpm; 30 menit) 2. Supernatan didelusi (air suling) 3. Penyimpanan (refrigeran; 4°C; 18 jam)	1. Protein yang terekstrak sebesar 76% 2. Protein tidak terlarut pada pH 4-5 ( <i>isoelectric point</i> ) 3. Protein terlarut maksimal pH 9	(Khalid, et al., 2012)

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam

No	Koagulan Alami	Ekstraksi				Koagulasi			Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test	Jenis Limbah			Variasi
1	Biji Kacang	1. Pengupasan lapisan biji 2. Pengecilan ukuran 3. Pencampuran pelarut dan <i>cake</i> kacang (10 menit) dan didiamkan 10 menit	(1:20) g/mL	20 menit	-	1. Pelarut garam: (NaCl; KNO <sub>3</sub> ; KCl; NH <sub>4</sub> Cl; NaNO <sub>3</sub> ) 2. Konsentrasi garam: (1; 2; 3 mol/L) 3. Pelarut air suling	1. Pengisian ekstrak dengan pengadukan cepat (80 rpm; 2 menit; gelas kimia) 2. Pengadukan lambat (40 rpm; 30 menit) 3. Pengukuran sampel (turbidimeter)	Kaolin (tingkat kekeruhan awal 208-214 NTU)	-	1. Penghilangan kekeruhan 93,2% (200 NTU) 2. Dosis optimum koagulan 20 mg/L (Ekstraksi dengan air suling; NaCl 2 mol/L dan 3 mol/L) 3. Dosis optimum koagulan 30 mg/L (NaCl 1 mol/L; 129 NTU) 4. Garam KNO <sub>3</sub> , KCl, NH <sub>4</sub> Cl dan NaNO <sub>3</sub> dapat menjadi pelarut yang baik seperti NaCl	(Birima, et al., 2013)



**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi				Koagulasi			Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test	Jenis Limbah			Variasi
2	Biji <i>Plantago ovata</i> kering	1. Maserasi pada biji (air; 1 hari) 2. Pengecilan ukuran dan pengeringan (70°C) 3. Pencampuran serbuk biji dengan etanol 98% (60 menit)	(1:20) g/mL	60 menit	1. Sentrifugasi (3500 rpm; 40 menit) 2. Pengeringan (60°C ; semalaman) 3. Penghilangan minyak (NH <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> COO 10mM) 4. Pengadukan (50 menit) 5. Sentrifugasi (3500 rpm; 40 menit) 6. Penyeimbangan pertukaran ion <i>CM-Sepharose</i> (NH <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> OO 10 mM) 7. Pencampuran ekstrak dan <i>CM-Sepharose</i> (10% (v/v); 50 menit) 8. Koagulan yang teradsorp dielusi (FeCl <sub>3</sub> )	1. Pelarut: etanol 98% 2. Pelarut elusi: FeCl <sub>3</sub> (0,25M dan 0,5M)	1. <i>Jar test</i> (24°C) 2. Pencampuran (120 rpm; 1 menit) 3. Flokulasi (45 rpm, 30 menit) 4. Air limbah didiamkan (1 jam) 5. Analisis sampel	Pewarna kain tekstil (Tingkat kekeruhan 113 NTU; pH 6,9; COD 642 mg/L)	-	1. Efisiensi penghilangan COD 89% (metode oksidasi K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) 2. Dosis koagulan optimum FeCl <sub>3</sub> 1,5 mg/L 3. Penghilangan COD maks pH air limbah < 8 4. Nilai SVI optimum 167 mL/g (JSM-6390LV)	(Ramavandi & Farjadfard, 2014)
3	Biji <i>Moringa oleifera</i> kering berkulit (MOK)  Biji <i>Moringa oleifera</i> kering tidak berkulit (MOTK)	1. Pengecilan ukuran 2. Pencampuran dengan pelarut (30 menit)	(1:20) g/mL	30 menit	1. Perolehan sampel (liofilisasi; penguapan 20°C dan 105°C) 2. Pembuktian aktivitas koagulan	1. Pelarut : (H <sub>2</sub> O; petroleum eter; aseton; kloroform; heksana)	1. Pencampuran ekstrak dengan pengadukan cepat (100 rpm; 2 menit) 2. Pengadukan lambat (40 rpm; 20 menit) 3. Sedimentasi (30 menit) 4. Analisis sampel (1L; illuminator)	Kaolin (Tingkat kekeruhan 105 NTU)	-	1. Dosis optimum koagulan 50 mg/L (MOTK) 2. Tingkat kekeruhan 10 NTU (MOK 500 mg/L)	(Ndabigengesere, et al., 1995)

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi				Koagulasi			Hasil	Sumber
		<i>Pre-Treatment</i>	F : S	Waktu Ekstraksi	<i>Post-Treatment</i>	Variasi	<i>Proses Jar Test</i>	Jenis Limbah		
4	Biji <i>Moringa oleifera Lam.</i>	1. Pengupasan kulit biji 2. Pengecilan ukuran 3. Pencampuran serbuk biji dan pelarut (10 menit)	(1:100) g/mL	10 menit	1. Penyimpanan suspensi (3 hari; temperatur ruang)  2. Pelarut garam: (NaCl; KNO <sub>3</sub> ; KCl; NaNO <sub>3</sub> ) 3. Pelarut air suling	1. Agitasi dan pencampuran dengan pengadukan cepat (150 rpm; 2 menit) 2. Pengadukan lambat (30 rpm; 30 menit) 3. Sedimentasi (1 jam) 4. Analisis sampel (5 mL; turbidimeter)	Kaolin (pH 7,1 ± 0,1)	-	1. Tingkat kekeruhan 11,8 NTU (dosis optimal 32 mL/L; pelarut air suling) 2. Tingkat kekeruhan 1,6 NTU (dosis optimal 16 mL/L; pelarut NaCl 1 mol/L) 3. Konsentrasi NaCl optimum 1 mol/L 4. Tidak ada perbedaan efisiensi koagulasi antara pelarut garam KNO <sub>3</sub> , KCl, NaNO <sub>3</sub> dengan pelarut NaCl	(Okuda, et al., 1999)

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi			Koagulasi				Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test	Jenis Limbah			Variasi
5	Biji <i>Moringa Oleifera</i> (MO)	1. Pengupasan kulit dan pemilihan biji berkualitas 2. Pengecilan ukuran 3. Percampuran serbuk biji dan pelarut (30 menit; temperatur ruang)	(1:25) g/mL	30 menit	1. Pengisian suspensi (300 mL; gelas kimia 600 mL) 2. Pencampuran dan pengadukan cepat (200 rpm; temperatur 21°C) 3. Pencampuran ekstrak biji dan limbah sintetik (1 menit) 4. Pengadukan lambat (80 rpm; 30 menit) 5. Sedimentasi (1 jam) 6. Perhitungan aktivitas koagulan	1. Pelarut garam : (NaCl; KCl)	1. Pengadukan cepat (100 rpm; 2 menit) 2. Penambahan dosis koagulan dengan pengadukan lambat (40 rpm; 30 menit) 3. Sedimentasi (30 menit)	Pewarna kuning tekstil ((1:1000) g/mL; )	pH (3; 5; 7; 9)  Dosis koagulan (10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL; 50 mL; 60 mL)	1. Frekuensi pewarna kuning 397,2 nm 2. Dosis koagulan optimum 60 mL 3. Persentase penghilangan warna pada MO sebesar 89% 4. Persentase penghilangan warna pada alum sebesar 83% 5. Persentase penghilangan warna pada SP sebesar 93%	(Vijayaraghavan, et al., 2013)
	Biji <i>Strychnos potatorum</i> (SP)										

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi			Koagulasi			Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test			Jenis Limbah
6	Biji <i>Moringa oleifera</i> (MOC)	1. Pengupasan kulit biji 2. Pencucian biji (air suling) 3. Pengeringan (25 °C; 24 jam) 4. Pengecilan ukuran (mortar dan <i>pestle</i> )	(2:50) g/mL	30 menit	1. Penyaringan suspensi (kertas saring <i>Whatman</i> No.42)	1. Pelarut garam (KCl; NaCl; NaNO <sub>3</sub> ; KNO <sub>3</sub> ) 2. Konsentrasi garam (0,5-2 M)	1. Penyiapan larutan alum 2% dengan penambahan 2 g alum (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O) pada 100 mL air suling 2. Pencampuran larutan alum 2% dan MSC 3. Pengadukan cepat (100 rpm; 2 menit) 4. Pengadukan lambat (40 rpm; 30 menit) 5. Sedimentasi (1 jam) 6. Sentrifugasi (4000 rpm; 5 menit) 7. Analisis sampel (spektrofotometer)	<i>C.I. Direct Red 23</i> ( $\lambda_{max}$ = 505 nm; konsentrasi 50 mg/L; pH 7)	Dosis koagulan (20–400 mg/L)	1. <i>Dye removal</i> maksimum MOC (98 %), MSC (98,5%), Alum (98,2) (dosis koagulan optimum 300; 240; 120 mg/L) 2. <i>Dye removal</i> campuran MSC:Alum (1:1) sebesar 98,3% (dosis koagulan 80 mg/L) 3. pH optimum semua koagulan pH 7 4. Efisiensi <i>dye removal</i> menurun seiring meningkatnya dosis koagulan pada semua koagulan (20 menuju 200 mg/L; NaCl 1M) 5. <i>Dye removal</i> maksimum pada garam NaCl dan KCl (konsentrasi <i>dye</i> 50 mg/L; 1M; dosis MSC 240 mg/L; pH 7)
	Biji <i>Moringa stenopetala</i> (MSC)	pH (3-10)								

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi				Koagulasi			Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test	Jenis Limbah			Variasi
7	Biji <i>Moringa oleifera Lam.</i>	1. Pengecilan ukuran	(1:100) g/mL	30 menit	1. Penyaringan suspensi secara vakum	1. Jenis pelarut (air dan KCl) 2. Konsentrasi KCl (0,01M; 0,1M;1M)	1. Pengadukan cepat (100 rpm; 3 menit) 2. Pengadukan lambat (15 rpm; 15 menit) 3. Flokuasi (15 menit) 4. Sedimentasi (1 jam)	<i>Superficial water</i> (Apparent color 1,030 $\mu H^a$ ; Turbidity 850 $\mu T$ ; UV-254 nm 0.2390 $cm^{-1}$ ; TSS 220 mg/L; TDS 1,320 mg/L)	Konsentrasi ekstrak (50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600 ppm)	1. <i>Turbidity removal</i> paling terbesar menggunakan KCl 1M (pada pH 4, 6, dan 8; 96%) 2. Protein yang terekstrak paling terbesar menggunakan KCl 1M (23,400 mg/L) 3. <i>Color removal</i> paling terbesar menggunakan KCl 1M (pada pH 4, 6, dan 8; 82%)	(Madrona, et al., 2010)

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi			Koagulasi				Hasil	Sumber	
		Pre-Treatment	F : S	Waktu Ekstraksi	Post-Treatment	Variasi	Proses Jar Test	Jenis Limbah			Variasi
8	Biji <i>Moringa oleifera</i> Lam. Berkulit (MO)	1. Pengecilan ukuran	(5:100) g/mL	30 menit	1. Penyaringan suspensi ( <i>commercial filter paper on a Büchner funnel</i> ) 2. Penyaringan suspensi ( <i>fine-filtering millipore system 0,45 µm glass fibre</i> )	1. Pelarut garam (NaCl 5%w/w) 2. pH 7 3. Temperatur ruang	1. Pelarutan 5 mL ekstrak dan 10 mL pewarna (labu ukur 100 mL; 100 mL air suling) 2. Analisis fotometrik sampel sesuai panjang gelombang masing-masing 3. Pencampuran 1,2 g NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> dan 0.885 g (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ) (pewarna <i>eriochromecyanine R</i> ; pH 7; 1 L air suling)	Pewarna azo CSB 6B ( $\lambda_{max} = 618$ nm)	Pewarna azo ( <i>Methylene blue</i> ; <i>CI acid red 665</i> ; <i>eriochromecyanine R</i> ; <i>alizarin violet 3R</i> ; <i>palatine fast black WAN</i> ; <i>chicago sky blue 6B</i> ) Jenis koagulan ( <i>Moringa oleifera</i> ; alum; <i>silvafloc</i> ; <i>tanfloc</i> ; <i>aquapol S5T</i> ; <i>aquapol CI</i> ; <i>cationic starch</i> ; <i>Caesalpinia spinosa</i> ) Konsentrasi ekstrak MO (78,5; 157,2 mg/L; 6,28 – 314,3 mg/L) Waktu kesetimbangan pewarna (0-60 menit) Konsentrasi pewarna (100; 160; 200 mg/L; 40-200 mg/L) pH koagulasi (4-10)	1. <i>Dye removal</i> terbesar pada koagulan (dosis koagulan 150 mg/L; dosis pewarna 100 mg/L; pH 7; 25 °C; > 95%) 2. <i>Dye removal</i> terbesar pada <i>chicago sky blue</i> , <i>palatine fast black</i> , dan <i>acid red 88</i> (>98,8%; pH 7; 25 °C) 3. Waktu koagulasi dicapai 5 menit pertama dengan kesetimbangan dosis pewarna (pH 7; 25 °C) 4. <i>Dye removal</i> total terbesar sebesar 250 mg/L (pH 7; 25°C) 5. Penurunan pH memiliki aktivitas koagulan yang baik (dosis CSB 100 mg/L; dosis koagulan MO 125.7 mg/L; 25°C)	(Beltran-Heredia & Martin, 2008)

**Tabel 1.2** Koagulasi dengan ekstraksi biji kacang-kacangan dengan pelarut garam (lanjutan)

No	Koagulan Alami	Ekstraksi				Koagulasi			Hasil	Sumber
		<i>Pre-Treatment</i>	F : S	Waktu Ekstraksi	<i>Post-Treatment</i>	Variasi	Proses <i>Jar Test</i>	Jenis Limbah		
								Temperatur koagulasi (10-40°C)	6. <i>Dye removal</i> tidak berubah signifikan terhadap temperatur (pH 7; dosis CSB 100 mg/L; dosis koagulan 125.7 mg/L) 7. <i>Dye removal</i> cenderung menurun seiring meningkatnya dosis pewarna (dosis koagulan 157.1 mg/L) 8. Kapasitas koagulan optimum berkisar 0.7 – 0,95 mg pewarna/ mg koagulan dan dosis pewarna optimum berkisar 10 – 50 mg/L (pH 7; 25°C)	(Beltran-Heredia & Martin, 2008)

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dibuat berdasarkan studi literatur adalah:

1. Pada pH di atas nilai pI, molekul protein bermuatan negatif dan menyebabkan interaksi antara molekul protein dan air berikatan lebih kuat dibandingkan ikatan protein dengan larutan garam  $\text{FeCl}_3$  (Collins & Washabaugh, 1985; Albarracin, et al., 2011; Ouellette & Rawn, 2014). Pada pH yang berada pada nilai pI, tingkat kelarutan molekul protein rendah karena lemahnya ikatan antara molekul protein dengan air dan larutan garam  $\text{FeCl}_3$  (Vojdani, 1996). Pada pH di bawah pI, molekul protein bermuatan positif sehingga interaksi molekul protein dengan ion  $\text{Cl}^-$  lebih kuat dibandingkan interaksi molekul protein dengan air dan menyebabkan peningkatan kelarutan protein dalam larutan garam  $\text{FeCl}_3$  (Albarracin, et al., 2011; Ouellette & Rawn, 2014).
2. Semakin asam pH larutan, molekul protein bermuatan positif sehingga dapat menetralkan partikel koloid yang bermuatan negatif sehingga koagulasi dapat berlangsung efektif. Dosis koagulan yang rendah dapat menyebabkan proses koagulasi tidak efektif karena sebagian besar partikel koloid yang bermuatan negatif tidak dapat di netralkan dengan jumlah koagulan yang sedikit. Sebaliknya, dosis koagulan yang tinggi menyebabkan restabilisasi koloid karena partikel koloid yang dikelilingi oleh koagulan bermuatan positif saling tolak-menolak dan menyebabkan proses koagulasi tidak efektif (Choy, et al., 2013). Oleh dari itu, dosis koagulan yang optimum dapat menetralkan partikel koloid dan pada kondisi pH asam menyebabkan peningkatan *%removal* zat warna dan *volume sludge* minimum.
3. Koagulasi menggunakan koagulan berupa natural koagulan ( $\text{FeCl}_3$ +ekstrak biji petai cina) memiliki potensi kinerja lebih baik dibandingkan koagulan  $\text{FeCl}_3$  karena kehadiran polimer di dalam ekstrak dapat membantu proses koagulasi melalui mekanisme *interparticle bridging* (Yin, 2010; Choy, et al., 2013; Binnie & Kimber, 2013).



## 1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini terdiri dari :

1. Mengetahui profil pengaruh derajat keasaman (pH) terhadap konsentrasi protein pada ekstraksi biji petai cina menggunakan larutan garam  $\text{FeCl}_3$ .
2. Mengetahui pengaruh derajat keasamaan (pH) dan dosis koagulan terhadap penurunan zat warna dan *volume sludge* limbah zat warna Kongo merah.



3. Mengetahui perbandingan kinerja koagulasi limbah zat warna Kongo merah menggunakan koagulan  $\text{FeCl}_3$ +ekstrak biji petai cina dan koagulan  $\text{FeCl}_3$ .

### **1.7 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Bagi mahasiswa, agar mengetahui profil pengaruh derajat keasaman (pH) terhadap konsentrasi protein pada ekstraksi biji petai cina menggunakan larutan garam  $\text{FeCl}_3$ ; pengaruh derajat keasaman (pH) dan dosis koagulan terhadap penurunan zat warna dan *volume sludge* limbah zat warna Kongo merah.
2. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat diterapkan untuk pengolahan air limbah rumah tangga yang bersifat ramah lingkungan.
3. Bagi industri, penelitian ini diharapkan dapat diterapkan pada skala industri dalam penggunaan koagulan alami untuk pengolahan limbah industri.