

**PEMANFAATAN GALAKTOMANAN
AMPAS BUBUK KOPI SEBAGAI BAHAN PEMBANTU
KOAGULAN ALAMI DALAM PENGOLAHAN
LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA KONGO MERAH**

CHE 184650-04 PENELITIAN

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

Oleh:

Sekar Astari Saraswati

(2016620069)

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
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PEMANFAATAN GALAKTOMANAN AMPAS BUBUK KOPI
SEBAGAI BAHAN PEMBANTU KOAGULAN ALAMI DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA KONGO MERAH**


CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 18 Februari 2021

Pembimbing 1


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

Pembimbing 2


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



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sekar Astari Saraswati

NPM : 2016620069

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PEMANFAATAN GALAKTOMANAN AMPAS BUBUK KOPI
SEBAGAI BAHAN PEMBANTU KOAGULAN ALAMI DALAM 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 peraturan yang berlaku.

Bandung, 18 Februari 2021



**Sekar Astari Saraswati
(2016620069)**

LEMBAR REVISI

**JUDUL : PEMANFAATAN GALAKTOMANAN AMPAS BUBUK KOPI
SEBAGAI BAHAN PEMBANTU KOAGULAN ALAMI DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA KONGO MERAH**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 18 Februari 2021

Penguji 1



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

Penguji 2



Anastasia Prima Kristijati, S.Si., M.T.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Galaktomanan Ampas Bubuk Kopi sebagai Bahan Pembantu Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Sintetik Zat Warna Kongo Merah”. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis banyak menerima bimbingan, masukan, saran, kritik, arahan, dukungan dan bantuan informasi dari berbagai pihak mengenai topik penulisan laporan ini. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah turut berperan dan berpartisipasi dalam penyusunan laporan penelitian, terutama kepada:

1. Hans Kristianto, S.T., M.T. dan Susiana Prasetyo S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu pengetahuan, serta saran selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis; Melati Vanessa Damayanthi dan Anyelir Kinar Gustian atas doa dan dukungan secara moril maupun materiil;
3. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat dan bantuan;
4. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam proses penyusunan laporan penelitian ini sehingga dapat selesai tepat waktu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini yang merupakan keterbatasan kemampuan dan wawasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sehingga dapat menjadi masukan untuk pembuatan laporan penelitian selanjutnya. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca dan membutuhkan.

Bandung, 18 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
INTISARI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	3
1.3 Identifikasi Masalah	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	10
1.6 Tujuan	11
1.7 Manfaat	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Galaktomanan	12
2.2 Ekstraksi Galaktomanan	13
2.3 Koagulasi	17
2.4 Kongo merah	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	27
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.3.1 Ekstraksi Galaktomanan Ampas Bubuk Kopi	28
3.3.2 Pemisahan Galaktomanan dari Ekstrak Kasar Hasil Ekstraksi Ampas Bubuk Kopi	29
3.3.3 Koagulasi	30
3.4 Rancangan Percobaan	31

3.5 Analisis.....	31
3.6 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	32
BAB IV PEMBAHASAN	33
4.1 Ekstraksi dan Karakterisasi Galaktomanan.....	33
4.2 Penentuan Profil Pengurangan Zat Warna dan Volume Sludge terhadap Variasi Dosis Galaktomanan	35
4.3 Penentuan Profil Pengurangan Zat Warna dan Volume Sludge terhadap Variasi Konsentrasi Zat Warna.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET.....	53
A.1 Etanol	53
A.2 NaOH	54
A.3 HCl	55
A.4 Zat Warna Kongo merah	57
LAMPIRAN B METODE ANALISIS.....	59
B.1 Rendemen.....	59
B.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) (Skoog, 2013).....	59
B.3 <i>Persen Removal</i> Limbah Sintetik Zat Warna (Jain, dkk, 2003)	60
B.4 <i>Volume Sludge</i> (Eaton A. D., dkk, 1999)	63
LAMPIRAN C HASIL ANTARA.....	64
C.1 Hasil Ekstraksi.....	64
C.2 Penentuan Panjang Gelombang dan Kurva Standar.....	65
C.3 Perbandingan Hasil Uji Awal Koagulasi	65
C.4 Hasil Koagulasi Variasi Dosis Galaktomanan	66
C.5 Hasil Koagulasi Variasi Konsentrasi Zat Warna.....	66
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN.....	67
D.1 Perhitungan Rendemen	67
D.2 Penentuan Kurva Standar	67
D.3 Perhitungan Persen Konsentrasi Zat Warna.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis terkait penelitian ekstraksi gum	4
Tabel 1.2 Premis terkait penelitian koagulasi air limbah tekstil menggunakan koagulan polisakarida	6
Tabel 2.1 Jenis galaktomanan komersial (Mathur, 2012).....	12
Tabel 3.1 Rancangan percobaan.....	31
Tabel 3.2 Jadwal rencana kerja penelitian	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur molekul galaktomanan (Mathur, 2012)	13
Gambar 2.2	Mekanisme ekstraksi padat cair secara umum.....	15
Gambar 2.3	Lapisan partikel koloid (Ravina, 1993)	17
Gambar 2.4	Ilustrasi mekanisme kompresi lapisan ganda (Ravina, 1993).....	18
Gambar 2.5	Ilustrasi mekanisme netralisasi muatan (Bratby, 2006).....	19
Gambar 2.6	Ilustrasi mekanisme <i>particle bridging</i>	20
Gambar 2.7	(a) Skema interaksi intermolecular antara π -elektron molekul zat warna dengan gugus hidroksil polisakarida (b) Skema interaksi molekul partikel zat warna (<i>dye</i>) dengan gugus hidroksil (-OH) polisakarida (Zhao, 2014).	22
Gambar 2.8	Struktur molekul pewarna kongo merah (Frid dkk., 2007b)	23
Gambar 2.9	Struktur molekul pewarna congo merah pada suasana (a) asam dan (b) basa (Frid dkk., 2007)	23
Gambar 3.1	Skema diagram alir singkat tahapan penelitian.....	25
Gambar 3.2	Perangkat alat koagulasi <i>jar test apparantus</i>	27
Gambar 3.3	Diagram alir prosedur ekstraksi galaktomanan dari ampas bubuk kopi	28
Gambar 3.4	Diagram alir pemisahan galaktomanan dari ekstrak kasar hasil ekstraksi...	29
Gambar 3.5	Diagram alir singkat prosedur koagulasi limbah sintetik	30
Gambar 4.1	Pemisahan galaktomanan dari ekstrak kasar menggunakan etanol 96%	33
Gambar 4.2	Spektrum hasil analisis <i>FTIR</i> galaktomanan ampas bubuk kopi	34
Gambar 4.3	Ikatan glikosidik pada galaktomanan (Lesnichaya, 2013).....	34
Gambar 4.4	Profil pengurangan zat warna dan volume <i>sludge</i> terhadap variasi dosis koagulan.....	35
Gambar 4.5	Interaksi $FeCl_3$ dengan zat warna kongo merah (Debnath, 2015)	36
Gambar 4.6	Profil pengurangan zat warna terhadap variasi konsentrasi zat warna kongo merah.....	39
Gambar 4.7	Profil volume <i>sludge</i> terhadap variasi konsentrasi zat warna kongo merah...	39
Gambar 4.8	Ilustrasi mekanisme destabilisasi koloid melalui (a) Netralisasi muatan oleh $FeCl_3$ (b) Pembentukan jembatan oleh SSG (Chua, 2020).....	40
Gambar 4.9	Dokumentasi hasil penelitian proses koagulasi variasi konsentrasi zat warna (a) 20 ppm (b) 30 ppm (c) 40 ppm (d) 50 ppm (e) 60 ppm dan (f) 70 ppm.	41

INTISARI

Sekitar 6 juta ton ampas bubuk kopi yang dihasilkan per tahunnya dari pengolahan buah kopi belum dimanfaatkan secara maksimal. Ampas bubuk kopi mengandung senyawa polisakarida (50 – 70 %-b dari biji kopi), dengan galaktomanan sebagai komponen utama. Galaktomanan banyak digunakan sebagai pengental, *stabilizer* emulsi dan zat aditif pada berbagai bidang industri; terutama karena sifatnya yang tidak beracun; juga sebagai serum antigen, pelarut dalam industri farmasi, terapi *antifungal*, dan *antigenemia*. Namun; penelitian galaktomanan ampas bubuk kopi belum pernah dilakukan, padahal potensinya sebagai salah satu sumber galaktomanan sangat besar. Galaktomanan ampas bubuk kopi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pembantu koagulan dalam proses pengolahan limbah cair sintesis, mengingat galaktomanan memiliki kemampuan untuk membentuk larutan sangat kental dengan membentuk formasi gel melalui ikatan hidrogen. Galaktomanan sebagai bahan pembantu koagulan dari alam memiliki banyak keunggulan; antara lain bersifat non korosif, mampu menghasilkan 20 – 30% *sludge* yang lebih sedikit daripada koagulan kimiawi, dan *biodegradable*.

Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan galaktomanan ampas bubuk kopi sebagai bahan pembantu koagulan. Perlakuan awal ampas bubuk kopi, mencakup pengeringan menggunakan *tray drier* pada temperatur 50 °C hingga diperoleh kadar air $\pm 10\%$ serta pengecilan dan penyeragaman ukuran hingga lolos ayakan 80 *mesh*. Ekstraksi galaktomanan dilakukan menggunakan pelarut air pada pH netral secara *batch* dengan pengontakan secara dispersi pada temperatur 70 °C dan rasio ampas bubuk kopi terhadap pelarut sebesar 1:10 b/v. Pemisahan galaktomanan dilakukan dengan cara pengendapan menggunakan etanol 96%-v dengan rasio volume etanol terhadap ekstrak sebesar 3:1. Endapan yang diperoleh dikeringkan pada temperatur 50 °C hingga kadar air <10%. Uji kinerja bahan pembantu koagulan galaktomanan dilakukan menggunakan *jar test apparatus* menggunakan koagulan FeCl₃ untuk mengkoagulasi larutan zat warna kongo merah. Penelitian dilakukan pada berbagai dosis galaktomanan (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, dan 140 mg/L) dan konsentrasi zat warna (20, 30, 40, 50, 60, dan 70 mg/L). Gugus fungsi dari galaktomanan dianalisis melalui metode *FTIR* dan efektivitas kinerja galaktomanan sebagai bahan pembantu koagulan dievaluasi berdasarkan pengamatan penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan dari proses koagulasi.

Karakterisasi galaktomanan ampas bubuk kopi mengindikasikan keberadaan gugus –OH, C – O, dan C – H dalam ikatan glikosidik yang terbukti berpotensi dalam proses koagulasi dan flokulasi. Performansi koagulasi meningkat seiring dengan peningkatan dosis galaktomanan hingga mencapai titik optimum pada 80 mg/L; dengan penurunan konsentrasi zat warna sebesar 42,6% dan volume *sludge* sebesar 11 mL/L. Sementara itu, pada variasi konsentrasi zat warna kongo merah, profil pengurangan zat warna dan volume *sludge* menurun seiring dengan peningkatan jumlah konsentrasi kongo merah yang digunakan. Pengurangan zat warna dan volume *sludge* tertinggi diperoleh pada konsentrasi kongo merah 20 ppm. Apabila dibandingkan dengan penggunaan koagulan FeCl₃ saja, penambahan galaktomanan mampu meningkatkan pengurangan zat warna dan volume *sludge* dari 65,5% dan 12,2 mL/L menjadi 88,9% dengan volume *sludge* 33 mL/L.

Kata kunci: galaktomanan, bahan pembantu koagulan alami, ampas bubuk kopi, kongo merah

ABSTRACT

About 6 million tonnes of coffee grounds that produced per year from cultivation of coffee beans have not been fully utilized. Spent coffee grounds contain polysaccharide compounds that consist 50-70%-w of coffee beans, with galactomannan as a main component. Galactomannan is widely used as a thickener, emulsion stabilizer, and additives in various industrial fields, mainly because of its non-toxic characteristic; also as a serum antigen solvent in pharmaceutical industry, antifungal therapy, and antigenemia. However; research on galactomannan from spent coffee grounds has never been carried out yet, even though it is very potential as a source of galactomannan. Galactomannan is potentially used as coagulant aids in synthetic wastewater treatment process, considering its ability to form a very thick solution with gel formation through hydrogen bonds. Galactomannan as a natural coagulant aids has many advantages; non-corrosive, produce 20 – 30% less sludge than chemical coagulant, and biodegradable.

This research is focused on the utilization of galactomannan from spent coffee grounds as a coagulant aids. The coffee grounds first dried in the tray drier at a temperature of 50 °C until the moisture content reaches \pm 10%-w, then the size is reduced using 80 mesh sieve. Galactomannan from coffee grounds was carried out by using a batch liquid – solid extraction method by dispersion contact at neutral pH. Distiled water was used as solvent, at extraction temperature is 70 °C and feed to solution ratio 1:10 w/v. Galactomannan separation was carried out by settling in using ethanol 96%-v with a volume ratio of ethanol to extract 3:1. The precipitate obtained was dried at a temperature of 50 °C until the moisture content was below 10%. The performance test of the galactomannan as coagulant aids was carried out using the jar test apparatus, with the coagulant used was FeCl₃ to coagulate the congo red dye solution. The study was conducted at various dose of galactomannan (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, and 140 mg/L), and dye concentrations (20, 30, 40, 50, 60, dan 70 mg/L). The functional group of galactomannan will be analyzed through the FTIR method and the performance of galactomannan as a coagulant aids will be evaluated by observing the decrease in dye concentration and volume sludge produced from the coagulation process.

Galactomannan characterization of coffee grounds showed the presence of –OH, C – O, and C – H groups in glycosidic bonds which were proven its potential in coagulation – flocculation process. The coagulation performance increased with the increase of the dose of galactomannan until it reached the optimal point at 80 mg/L, resulting the decrease of dye concentration by 42,5% and volume sludge produced was 11 mL/L. Meanwhile, at congo red dye concentration's variations, obtained the same trend profile between the dye concentrations reduction and sludge volume. The highest reduction of dye concentrations and sludge volume was obtained at concentration of congo red dye of 20 ppm. When compared with the use of FeCl₃ alone, the addition of galactomannan was able to increase the reduction of dye concentrations and sludge volume from 65,5% and 12,2 mL/L to 88,9% with a sludge colume of 33 mL/L.

Keyword: galactomannan, natural coagulant aids, spent coffee ground, congo red

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis limbah terbesar yang dihasilkan dari pemanfaatan buah kopi adalah ampas bubuk kopi yang dianggap sebagai produk samping yang belum dimanfaatkan secara maksimal (Juliantari, dkk, 2018). Ampas bubuk kopi mengandung senyawa bioaktif dalam jumlah besar; salah satunya karbohidrat yang kaya akan polisakarida (50 – 70 %-b dari biji kopi), dengan komponen utama berupa mannan atau galaktomanan, arabinogalaktan tipe II, dan selulosa (Ballesteros, 2015; Juliantari, dkk, 2018).

Galaktomanan merupakan polisakarida terbesar dalam biji ataupun ampas kopi; memiliki viskositas yang tinggi dan kurang disukai pada produksi pengolahan kopi bubuk (Campos-vega, 2015); banyak digunakan sebagai pengental, *stabilizer* emulsi dan zat aditif pada berbagai bidang industri, terutama dikarenakan sifatnya yang tidak beracun (Ballesteros, 2015). Galaktomanan biasa ditemui pada bagian endosperma biji-bijian; terbentuk dari bakteri maupun mikroorganisme tertentu. Namun; galaktomanan yang diproduksi dari bakteri atau mikroorganisme belum banyak diaplikasikan pada industri komersial sehingga pemanfaatan galaktomanan lebih sering diperoleh dari endosperma biji-bijian, seperti biji kopi. Konsumsi galaktomanan per tahunnya mencapai 90 hingga 100 ribu ton; dengan pemakaian terbesar pada galaktomanan komersial jenis *guar gum* sebesar 70 – 80 ribu ton dan *locust bean gum* sebesar 12 – 14 ribu ton (Kok, dkk, 1999). Galaktomanan merupakan kelompok polisakarida yang mengandung gugus molekul galaktosa yang bersifat hidrofilik dan polimer mannan yang bersifat hidrofobik. Struktur molekul inilah yang menyebabkan galaktomanan memiliki kemampuan untuk membentuk larutan yang sangat kental (viskositas tinggi); melalui ikatan hidrogen membentuk formasi gel (Sharma, 2008).

Koagulasi merupakan metode *pre-treatment* yang paling efisien dan relatif murah; telah lama digunakan selama bertahun-tahun untuk pengolahan limbah cair dalam bentuk koloid melalui penambahan koagulan. Penambahan koagulan bertujuan untuk mendestabilisasi koloid; muatan koloid menjadi tidak stabil sehingga partikel-partikel koloid akan saling menarik dan menggumpal membentuk flok (Faust & Aly, 1998; Suryadiputra 1995). Koagulasi secara kimiawi banyak digunakan pada industri tekstil Indonesia, namun kinerjanya kurang efektif saat berada pada limbah cair dengan temperatur yang rendah.

Selain itu; koagulan kimiawi cenderung mahal, menghasilkan residu yang berbahaya karena dapat menyebabkan penyakit *Alzheimer's* apabila dikonsumsi; beberapa bersifat *neurotoxic* dan karsinogenik, *sludge* yang dihasilkan cukup banyak dan sulit terurai, dan mempengaruhi pH limbah secara signifikan (Yin, 2010).

Teh (2014a) dalam Shamsnejati (2015) menyatakan bahwa komponen makromolekul alami yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan; seperti galaktomanan ampas bubuk kopi, yang dikombinasikan dengan koagulan kimiawi yang mengandung logam seperti alum (Al) dan besi (Fe) dapat mempercepat proses koagulasi dengan menurunkan waktu pengendapan (*settling time*). Bahan pembantu koagulan alami dapat menurunkan kebutuhan koagulan kimiawi dan memperbesar ukuran flok dalam proses koagulasi-flokulasi, sehingga galaktomanan dapat menjadi alternatif dalam proses pengolahan limbah dengan menurunkan resiko dan dampak negatif yang dihasilkan dari koagulan kimiawi (Jadhav dan Mahajan, 2013; Huang, dkk, 2014). Selain lebih ramah lingkungan dan murah, penggunaan koagulan alami juga lebih ekonomis; mengingat ketersediaan dan kemudahan untuk memperoleh bahan alam dan mampu mengurangi jumlah penggunaan koagulan kimiawi, bersifat tidak beracun, tidak korosif, *renewable*, *sludge* yang dihasilkan 20 – 30 % lebih sedikit daripada koagulan kimiawi, dan *sludge* bersifat *biodegradable* (Al-Mamun and Basir, 2006; Vijayaraghavan, 2011).

Galaktomanan yang diperoleh dari ampas bubuk kopi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pembantu koagulan alami dalam proses pengolahan limbah cair sintetis; galaktomanan memiliki kemampuan untuk membentuk larutan sangat kental dengan membentuk formasi gel melalui ikatan hidrogen dan meningkatkan efektivitas dari proses koagulasi dan flokulasi (Sanghi, 2006; Torres; 2014). Beberapa penelitian terkait bahan pembantu koagulan yang memanfaatkan polisakarida *gum* telah berhasil digunakan dalam pengolahan limbah cair, seperti yang berasal dari ekstrak getah *O. basilicum* (Shamsnejati, 2015), *Ipomoea dasysperma* (Sanghi, 2006), getah *Plantago psyllium* (Mishra A., dkk, 2002), dan getah *Fenugreek* (Mishra A., dkk, 2004). Namun; penelitian galaktomanan ampas bubuk kopi belum pernah dilakukan, padahal potensinya sebagai salah satu sumber galaktomanan sangat besar yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembantu koagulan alami. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi galaktomanan dari ampas kopi dan kemudian diaplikasikan untuk mengolah limbah sintetis zat warna kongo merah dengan cara koagulasi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, koagulan kimiawi memiliki efektivitas yang tinggi dan setara dengan penggunaan koagulan alami; namun penggunaan koagulan kimia diketahui banyak menimbulkan masalah baik lingkungan maupun kesehatan (Okuda *dkk*, 1999). Penggunaan bahan pembantu koagulan alami menjadi alternatif dalam mengurangi dosis atau kebutuhan akan koagulan kimiawi dalam pelaksanaan proses koagulasi-flokulasi, sehingga dapat menekan resiko dan dampak negatif yang ditimbulkan koagulan kimiawi komersil. Kajian mengenai pemanfaatan bahan pembantu koagulan alami, salah satunya polisakarida dari biji-bijian sebagai bahan pembantu koagulan alami telah berhasil menurunkan tingkat kekeruhan dan konsentrasi zat warna pada limbah. Polisakarida galaktomanan yang berasal dari ampas bubuk kopi berpotensi menjadi koagulan melalui pembentukan formasi gel dengan ikatan hidrogen (Sharma, 2008; Torres; 2014). Kondisi operasi koagulasi (dosis koagulan dan konsentrasi zat warna) sangat mempengaruhi kinerja dan keberhasilan koagulan kimiawi dan galaktomanan yang diperoleh sebagai bahan pembantu koagulan alami; inilah yang menjadi fokus penelitian ini. Respon yang diamati berupa penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang terbentuk 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 dosis bahan pembantu koagulan (galaktomanan) pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah?
2. Bagaimana profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap variasi konsentrasi zat warna pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah dan perbandingannya terhadap penggunaan koagulan FeCl_3 saja?

1.4 Premis

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian pustaka terkait koagulasi menggunakan koagulan berbahan dasar galaktomanan. Premis ekstraksi galaktomanan menggunakan penelitian ekstraksi *gum* yang memiliki karakteristik yang sama dengan galaktomanan (tersaji pada **Tabel 1.1**) sedangkan premis koagulasinya menggunakan penelitian koagulasi menggunakan polisakarida sebagai koagulan pada air limbah tekstil (tersaji pada **Tabel 1.2**).

Tabel 1.1 Premis terkait penelitian ekstraksi *gum*

No.	Bahan Baku (F)	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi				Post-treatment	Hasil	Pustaka	
			F:S (g/mL)	pH	Kecepatan Pengadukan	Waktu Ekstraksi				Temperatur
1.	<i>Spirulina sp.</i>	Aquades	1:35	-	400 rpm	15 jam 30 menit	(25±2 °C) (90±3 °C)	1. Presipitasi (larutan setil-trimetil-lammonium bromide 1%) 2. Pencucian bertahap (etanol 95%)	Rendemen polisakarida kasar < 2% berat kering umpan Rendemen polisakarida kasar 2,5–5,5% berat kering umpan	Chaiklahan dkk., 2013
2.	<i>Opuntia milpa alta</i>	Air suling hangat	1:3	-	-	1–5 jam	75-90 °C	1. Presipitasi (etanol 95%, 48 jam, 4°C) 2. Pencucian (aseton, 2x)	Rendemen polisakarida terbesar 0,61% pada temperatur 80 °C selama 4 jam	Cai, W., Gu, X., Tan, J., 2007
3.	Biji <i>Cassia grandis</i>	NaCl 0,1 M (5% w/v)	-	-	-	-	25 °C	1. Presipitasi (etanol 46%, 1:3 v/v, 18 jam) 2. Pencucian (etanol p.a, 1:3 v/v, 30 menit dan aseton 1:3 v/v)	Rendemen polisakarida sebesar 36±8%	Albuquerque, P. B. S., dkk, 2014
4.	Tanaman fenugreek (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	Aquades	-	-	15000 x g; 12 menit	3 jam	10 °C	1. Presipitasi (etanol 70%) 2. Pencucian (aquadest, 80°C)	Rendemen polisakarida sebesar 22%	Brummer, Y., dkk, 2003

Tabel 1.1 Premis terkait penelitian ekstraksi *gum (lanjutan)*

No.	Bahan Baku (F)	Pelarut (S)	Kondisi Ekstraksi				Post-treatment	Hasil	Pustaka	
			F:S (g/mL)	pH	Kecepatan Pengadukan	Waktu Ekstraksi				Temperatur
5.	Okra pod (<i>Alyssum homolocarpum</i> dan <i>Opuntia spp</i>)	Deionized water	1:4 – 1:32	5,2	5000 rpm; 20 menit	0,5 – 6,5 jam	50 – 100 °C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presipitasi (etanol 50%) 2. Pencucian (etanol 80% dan aseton) 3. Pengeringan (udara kering, 50°C) 	Kondisi optimum pada waktu ekstraksi 3,5 jam; temperatur 90°C; dengan rasio F:S 1:28; rendemen polisakarida 15,7%	Samavati V. & Manoochehrizade A., 2013
6.	Biji kopi jenis <i>green coffee arabica</i>	Air suling, NaOH, dan EDTA	-	6	-	15 menit	150 °C	-	Rendemen polisakarida sebesar 7% dengan pelarut air suling	Oosterveld, A. 2003
7.	<i>C. pulcherima</i>	Air suling	1:5	-	25000 x g; 30 menit	24 jam	25±0,5 °C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presipitasi (etanol 99%) 2. Penyimpanan di tempat kering (desikator) 	Rendemen polisakarida sebesar 29±3%	Thombre N. A., 2013
8.	<i>Linum usitatissimum</i>	Air suling	1:6 – 1:20	2 – 7	-	-	25 – 100 °C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presipitasi (etanol 95%) 2. Sentrifugasi 3. Pencucian (air suling) 	Kondisi optimum pada pH cenderung netral (6,5 – 7); temperatur 85 – 90°C; rasio F:S 1:13	Cui, W., dkk, 1994
9.	<i>Malva sylvestris</i>	Air suling	1:3 – 1:30	-	-	1-8 jam	50 – 100 °C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presipitasi (etanol) 2. Pengeringan (udara; 50°C) 	Kondisi optimum (90°C; 4 jam; rasio F:S 1:21); rendemen 8,377±0,38%	Samavati V., Manoochehrizade A., 2013

Tabel 1.2 Premis terkait penelitian koagulasi air limbah tekstil menggunakan koagulan polisakarida

No.	Jenis Koagulan	Sumber Limbah Cair	Kondisi Limbah		Metode Pembuatan Koagulan	Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka	
			pH	Konsentrasi		Suhu	pH	Dosis Koagulan	Kecepatan Pengadukan	Waktu Pengadukan			Waktu Pengeendapan
1.	Alum + Polisakarida <i>Enteromorpha</i> (Ep)		-	100 mg/L	1. Ekstraksi (air deionisasi, 1:75, 4 jam, 90°C, 5000 rpm) 2. Presipitasi (alkohol)	20 °C	4-9	Alum: 25 mg/L Ep: 0,5 mg/L	200 rpm dan 40 rpm	1,5 menit dan 15 menit	-	Kondisi optimum pH 6–8: penurunan warna (kekeruhan) 96%	Zhao, S. dkk, 2014
2.	Biji getah <i>C. javahikai</i> (CJ)	Limbah cair sintetis zat warna <i>Procion Brilliant Blue RS</i> (PBB)	7,7	50 mg/L	1. Ekstraksi (larutan asam asetat 1%) 2. Presipitasi (larutan barium hidroksida jenuh) 3. Pencucian (etanol)	-	9,5	0,5 mg/L	-	-	30 menit – 1 jam	Penurunan kekeruhan warna 25% (dengan penambahan PAC 0,1 mg/L mencapai 41%); penurunan TSS 80% (dengan penambahan PAC 0,1 mg/L)	Sanghi R. dkk, 2006
3.	FeCl ₃ + <i>Sesbania Seed Gum</i> (SSG)	Limbah cair Sultan Idris Shah II Plant	6,4	-	1. Pengecilan ukuran dan ekstraksi (<i>distilled water</i> 1:30) 2. Pemanasan (80°C; 15 menit) 3. Penyaringan 4. Presipitasi (etanol 1:1 v/v) 5. Pengeringan (45°C)	22 ± 2° C	2	FeCl ₃ : 10,2 mg/L SSG: 4,52 mg/L	150 rpm dan 30 rpm	1 menit dan 15 menit	1 – 15 menit	Penurunan kekeruhan warna 98,3% dengan waktu pengendapan 2,5 menit	Chua dkk., 2020

Tabel 1.2 Premis terkait penelitian koagulasi air limbah tekstil menggunakan koagulan polisakarida (*lanjutan*)

No.	Jenis Koagulan	Zat Warna	Kondisi Limbah		Metode Pembuatan Koagulan	Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka	
			pH	Konsentrasi		Suhu	pH	Dosis Koagulan	Kecepatan Pengadukan	Waktu Pengadukan			Waktu Pendenapan
5.	Getah <i>Plantago psyllium</i> (PSY)	-	-	-	1. Ekstraksi (air suling) 2. Presipitasi (alkohol) 3. Pencucian (aseton)	-	4 dan 7	0,8 mg/L dan 1.6 g/mL	100 rpm dan 50 rpm	1 menit dan 10 menit	1 jam dan 5 jam	Kondisi optimal untuk menurunkan nilai padatan tersuspensi - pH 4; dosis koagulan 1,6 mg/L; 5 jam - pH 7; dosis koagulan 0,8 mg/L; 1 jam	Mishra A. dkk, 2002
6.	<i>Compound Biofloculant</i> (CBF)	<i>Disperse Yellow</i> RGFL (D.Y. RGFL)	-	100 mg/L	-	19 – 23 °C	4 – 8	3 mg/L dan 5 mg/L	200 rpm dan 40 rpm	2,5 menit dan 12 menit	20 menit	Kondisi optimal pada pH netral yaitu 7-8	Huang X., dkk, 2015
7.	Ekstrak tepung kentang (<i>extracted potato starch</i>)	Limbah cair sintetis C. I. <i>Reactive Yellow</i> 145 A	10,5	-	-	-	3-6, 7, 10	-	100 rpm dan 40 rpm	5 menit dan 30 menit	30 menit	Kondisi optimum pada pH 3; dosis koagulan sedang; temperatur 50°C	Zafar M. S. dkk., 2015

Tabel 1.2 Premis terkait penelitian koagulasi air limbah tekstil menggunakan koagulan polisakarida (*lanjutan*)

No.	Jenis Koagulan	Sumber Limbah Cair	Kondisi Limbah		Metode Pembuatan Koagulan	Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka	
			pH	Konsentrasi		Suhu	pH	Dosis Koagulan	Kecepatan Pengadukan	Waktu Pengadukan			Waktu Pengendapan
8.	Getah <i>P. psyllium</i>	Limbah cair sintetis <i>Golden Yellow</i> (GY)	-	1 – 15 mg/L	1. Ekstraksi (air suling) 2. Presipitasi (<i>iso</i> -propanol) 3. Pencucian 2-3x (aseton)	-	4 – 9,2	1 – 15 mg/L	100 rpm dan 30 3pm	1 menit dan 10 menit	1 – 2 jam	Penurunan kekeruhan warna 71,4% dengan kondisi optimal pada: konsentrasi limbah 1 mg/L; dosis koagulan 10 mg/L; pH asam; 2 jam	Mishra A., Bajpai M., 2005
		Limbah cair sintetis <i>Reactive Black</i> (RB)											
9.	Getah <i>Fenugreek</i>	-	-	-	1. Ekstraksi (air suling) 2. Presipitasi (alcohol) Pencucian 2-3x (aseton)	-	4, 7, 9,2	0,04; 0,08; 0,12; 0,16 mg/L	-	-	3 dan 5 jam	Kondisi optimum pH netral; dosis koagulan 0,08 mg/L selama 3 jam dapat menghilangkan 85% padatan tersuspensi dan 40% padatan terlarut	Mishra A., dkk, 2004

Tabel 1.2 Premis terkait penelitian koagulasi air limbah tekstil menggunakan koagulan polisakarida (*lanjutan*)

No.	Jenis Koagulan	Sumber Limbah Cair	Kondisi Limbah	Metode Pembuatan Koagulan	Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka	
10.	Getah akar <i>Alce rosea</i>	Limbah cair sintesis zat warna reaktif biru 19	10 mg/L; 20 mg/L; 40 mg/L; 60 mg/L; 80 mg/L	1. Pengeringan dan penggilingan 2. Ekstraksi (NaCl 0,5 M) 3. Pengadukan (pengaduk magnet, 1 jam) 4. Penyaringan	20°C; 30°C; 40°C; 50°C; 60°C; 70°C	5-11	50 mg/L; 100; 150; 200; 250; 300 mg/L	250 rpm	2 menit	60 menit	Kondisi optimum pH 11; dosis koagulan 250 mg/L; konsentrasi zat warna 20 mg/L; temperatur 70°C	Mahmouda badi, dkk, 2019
11.	Ekstrak getah <i>Plantago major L.</i>	Limbah cair sintesis zat warna <i>Neutral red</i> (NR)	- 25 mg/L	1. Pengeringan (100 °C, 2 jam) 2. Penggilingan dan pengayakan 35 mesh 3. Ekstraksi (NaCl 0,9%) 4. Sentrifugasi (20 rpm, 10 menit)	-	2,5 – 6,5	10 – 300 mg/L	120 rpm	5 menit	30 menit	Kondisi optimum pH 6,5; dosis koagulan 300 mg/L dengan %removal zat warna 92,4%	Chaibakhs h, dkk, 2014

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat disusun berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan adalah:

1. Pada dosis koagulan yang rendah; jumlah koagulan yang tersedia tidak cukup untuk berinteraksi dengan zat warna, sehingga *%removal* dan volume *sludge* akan rendah. Peningkatan dosis koagulan sampai kondisi optimumnya akan memperbesar interaksi dan ikatan dengan molekul zat warna dan juga meningkatkan luas permukaan koagulan untuk proses koagulasi melalui mekanisme adsorpsi-*interparticle bridging*. Namun, dosis yang diberikan berlebih (*overdosis*) akan meningkatkan jumlah polimer adsorpsi pada permukaan koloid sehingga menyebabkan restabilisasi koloid sehingga akan menurunkan *%removal* zat warna (Mahmoudabadi, 2019).
2. Mekanisme koagulasi dengan polimer koagulan alami pada umumnya menggunakan netralisasi muatan atau *interparticle bridging* karena struktur rantai panjangnya yang dapat meningkatkan jumlah situs molekul yang tidak bermuatan, sehingga memperbesar proses interaksi melalui adsorpsi yang mengarah pada *bridging* antar partikel. Pada dosis koagulan yang sama, peningkatan konsentrasi zat warna akan menurunkan *%removal* dan volume *sludge*. Hal ini disebabkan karena karena situs koagulan yang tersedia tidak cukup banyak untuk mengadsorpsi partikel zat warna. Pada konsentrasi atau dosis zat warna yang tinggi atau berlebih, molekul-molekul polimer berinteraksi dengan partikel zat warna melalui mekanisme adsorpsi pada permukaan dan meninggalkan sisa partikel yang tidak dapat berikatan karena kurangnya situs molekul polimer (Mahmoudabadi, 2019). Molekul polimer yang jenuh akan menyebabkan ketidaktersediaan situs adsorpsi yang dapat digunakan untuk mengikat zat warna, sehingga partikel zat warna masih tertinggal dalam suspensi air limbah (Mishra dan Bajpai, 2005). Oleh karena itu, dibutuhkan dosis galaktomanan yang lebih tinggi pada konsentrasi zat warna yang lebih tinggi. Selain itu, jika dibandingkan dengan penggunaan koagulan FeCl_3 saja, efisiensi koagulasi belum dapat dicapai secara optimal, hal tersebut disebabkan mekanisme destabilisasi hanya terjadi melalui netralisasi muatan saja (Pefferkorn, 2016). Sementara penambahan galaktomanan sebagai bahan pembantu koagulan mampu meningkatkan efisiensi koagulasi melalui penambahan mekanisme pembentukan jembatan, sehingga dapat meningkatkan pengurangan konsentrasi zat warna dengan pembentukan flok dan kecepatan pengendapan yang lebih baik (Mishra dan Bajpai, 2005).

1.6 Tujuan

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui profil penurunan konsentrasi zat warna serta volume *sludge* yang dihasilkan terhadap dosis bahan pembantu koagulan (galaktomanan) pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah.
2. Mengetahui profil penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* yang dihasilkan terhadap konsentrasi zat warna yang digunakan pada penambahan galaktomanan sebagai bahan pembantu koagulan dan perbandingannya terhadap penggunaan koagulan FeCl_3 saja pada proses koagulasi limbah sintetik pewarna kongo merah.

1.7 Manfaat

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

1. **Bagi mahasiswa**, untuk mengetahui pengaruh dosis galaktomanan sebagai bahan pembantu koagulan dan konsentrasi zat warna yang digunakan pada proses koagulasi menggunakan koagulan galaktomanan dari ampas bubuk kopi terhadap penurunan konsentrasi zat warna dan volume *sludge* limbah sintetik zat warna kongo merah.
2. **Bagi industri**, penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dan dikembangkan lebih lanjut sebagai salah satu strategi dalam penggunaan koagulan alami untuk mengolah air limbah, khususnya limbah cair industri tekstil.
3. **Bagi lingkungan dan masyarakat**, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan sehingga mampu meningkatkan pemanfaatan galaktomanan dan nilai ekonomis dari limbah kopi. Selain itu, penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu metode alternatif yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan untuk mengurangi dan menangani pengelolaan limbah kopi.