

OPTIMASI LARUTAN NaCl PADA PEMBUATAN BIOKOAGULAN DARI
BIJI PEPAYA (*Carica papaya L.*) DAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)



SKRIPSI

Diajukan Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ANNISA 432 20 032
ANNISA SYAMSUDDIN 432 20 044

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

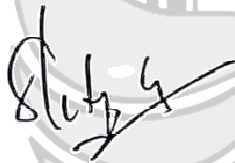
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)** oleh Annisa NIM 432 20 032 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 02 September 2024

Menyetujui,

Pembimbing I,



Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng
NIP. 198708232015042002

Pembimbing II,



M. Ilham Nurdin, S.T., M.T
NIP. 199303112019031018

Mengetahui,

g.n. Direktur
Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Wahyu Budi Utomo, I.IND., M.Sc.
NIP. 196503201992021001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)** oleh Annisa Syamsuddin NIM 432 20 044 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 02 September 2024

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng
NIP. 198708232015042002



M. Ilham Nurdin, S.T., M.T
NIP. 199303112019031018

Mengetahui,

g.n. Direktur
Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Wahyu Budi Utomo, I.ND., M.Sc.
NIP. 196503201992021001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa tanggal 3 September 2024, Tim penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Annisa NIM 432 20 032 dengan judul **Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*).**

Makassar, 03 September 2024

Tim Penguji ujian Sidang Skripsi:

1. Dr. Mahyati, S.T., M.Si. Ketua (.....)
2. Fajar HR, S.T., M.Eng. Sekretaris (.....)
3. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng. Anggota (.....)
4. Lasire, S.T., M.Si. Anggota (.....)
5. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. Anggota (.....)
6. M. Ilham Nurdin, S.T., M.T. Anggota (.....)

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa tanggal 3 September 2024, Tim penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Annisa Syamsuddin NIM 432 20 044 dengan judul **Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*).**

Makassar, 03 September 2024

Tim Penguji ujian Sidang Skripsi:

1. Dr. Mahyati, S.T., M.Si. Ketua (.....)
2. Fajar HR, S.T., M.Eng. Sekretaris (.....)
3. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng. Anggota (.....)
4. Lasire, S.T., M.Si. Anggota (.....)
5. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. Anggota (.....)
6. M. Ilham Nurdin, S.T., M.T. Anggota (.....)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) Dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak, hambatan tersebut dapat teratasi, sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T, selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ibu Dr. Fajriyati Mas’ud S.T.P., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. selaku Pembimbing I dan Bapak M. Ilham Nurdin, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungannya dengan penuh kesabaran dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu tim penguji skripsi yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Para Dosen, analis, teknisi dan staf Jurusan Teknik Kimia yang telah membimbing penulis sejak awal hingga akhir studi di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2020 Teknik Kimia, khususnya kelas 4B D4 Teknologi Kimia Industri.
8. Sahabat dan partner ujian akhir atas kebersamaan serta bantuannya selama penulis menjadi mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setingginya juga disampaikan

kepada kedua orang tua atas dukungan, doa dan cinta kasihnya yang tiada henti kepada penulis. Serta diucapkan terima kasih kepada saudara dan keluarga yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih kurang sempurna pada laporan ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan menyempurnakan laporan ini. Terima kasih dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 13 Agustus 2024

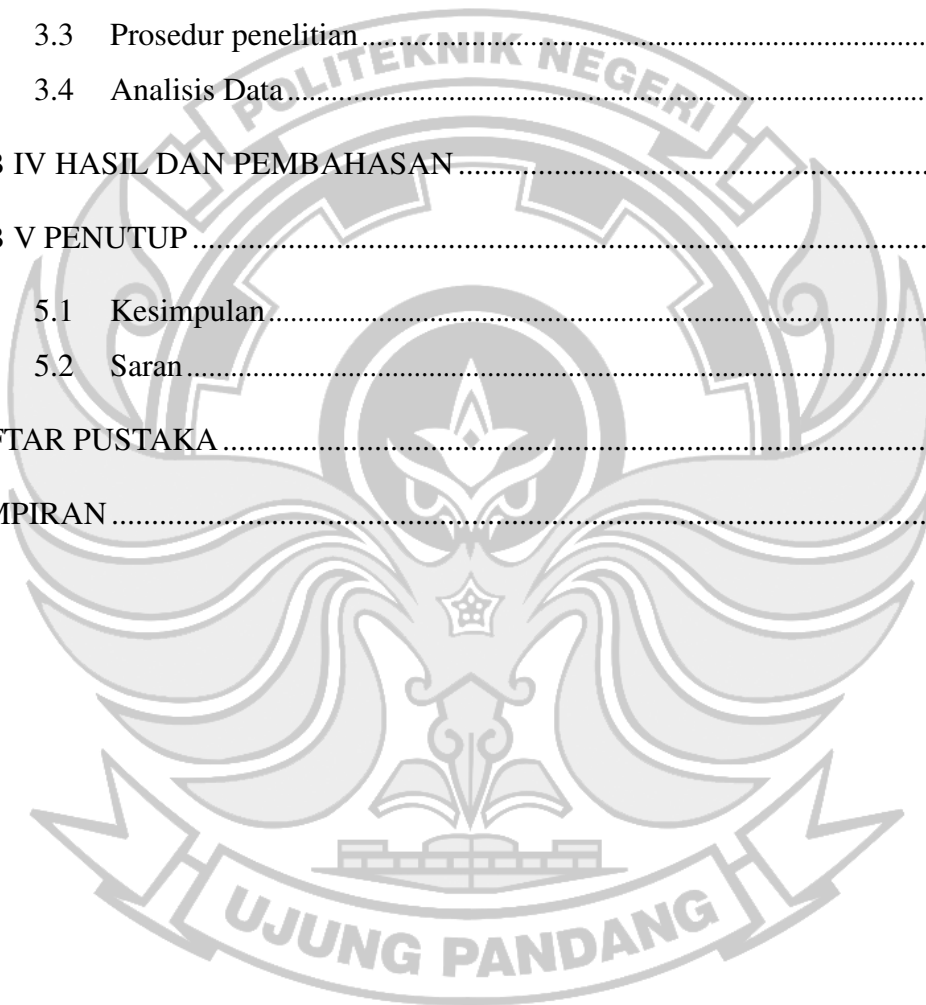
penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
HALAMAN PENERIMAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
RINGKASAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Ruang Lingkup.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Biokoagulan Biji Pepaya (<i>Carica papaya L.</i>).....	6
2.2 Biokoagulan Biji Kelor (<i>Moringa oliefera</i>).....	7
2.3 Pelarut NaCl.....	8

2.4	Ekstraksi	11
2.5	Air Limbah Industri Tahu	12
2.6	Parameter	14
BAB III METODE PENELITIAN		18
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2	Alat dan Bahan	18
3.3	Prosedur penelitian	19
3.4	Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
BAB V PENUTUP		36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN		43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Proksimat Serbuk Biji Pepaya	7
Tabel 2.2 Kandungan protein, lemak dan karbohidrat dalam biji kelor 8 (<i>Moringa oliefera</i>) 8	
Tabel 6.1 Hasil perhitungan kandungan protein pada biokoagulan setelah 47 ekstraksi	
Tabel 6.2 Hasil perhitungan TSS pada Biokoagulan	48
Tabel 6.3 Hasil perhitungan penurunan TSS pada biokoagulan biji pepaya	49
Tabel 6.4 Hasil perhitungan penurunan TSS pada biokoagulan biji kelor	49
Tabel 6.5 Hasil perhitungan penurunan TSS pada koagulan tanpa ekstraksi	50
Tabel 6.6 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada biokoagulan biji kelor ..	50
Tabel 6.7 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada biokoagulan biji pepaya	50
Tabel 6.8 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada koagulan tanpa ekstraksi	51
Tabel 6.9 Hasil perhitungan COD pada biokoagulan	52
Tabel 6.10 Hasil perhitungan COD pada koagulan tanpa ekstraksi	53
Tabel 6. 11 Hasil perhitungan penurunan COD	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Buah Pepaya (<i>Carica papaya L.</i>)	6
Gambar 2.2 Buah Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	7
Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel air limbah tahu	18
Gambar 4.1 Mekanisme reaksi antara protein dan NaCl	28
Gambar 4.2 Hubungan konsentrasi garam dengan kelarutan protein	29
Gambar 4.3 Grafik hubungan konsentrasi NaCl dengan kadar protein	31
Gambar 4.4 Grafik penurunan kekeruhan terhadap konsentrasi NaCl	32
Gambar 4.5 Grafik penurunan efektifitas TSS terhadap konsentrasi NaCl	33
Gambar 4.6 Grafik penurunan efektifitas COD terhadap konsentrasi NaCl	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biokoagulan Biji Kelor 41 (<i>Moringa oleifera</i>)	
Lampiran 2. Diagram Alir Proses Pembuatan Biokoagulan Biji Pepaya 42 (<i>Carica pepaya L.</i>)	
Lampiran 3. Diagram Alir Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu	43
Lampiran 4. Data Perhitungan	44
Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan	54



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa

NIM : 432 20 032

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul “**Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)**” merupakan gagasan dan hasil karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah disajikan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah dicantumkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tidak benar saya siap menanggung resiko yang diterapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 3 September 2024



Annisa
(432 20 032)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Syamsuddin

NIM : 432 20 044

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul “**Optimasi Larutan NaCl Pada Pembuatan Biokoagulan Dari Biji Pepaya (*Carica papaya L*) Dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)**” merupakan gagasan dan hasil karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah disajikan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah dicantumkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tidak benar saya siap menanggung resiko yang diterapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 3 September 2024



Annisa Syamsuddin
(432 20 044)

OPTIMASI LARUTAN NaCl PADA PEMBUATAN BIOKOAGULAN DARI BIJI PEPAYA (*CARICA PAPAYA L.*) DAN BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*)

RINGKASAN

Proses koagulasi adalah salah satu cara untuk mengolah air limbah agar air yang dibuang ke lingkungan tidak terlalu berbahaya bagi perairan, yang pada prosesnya dapat menggunakan bahan koagulan baik yang sintesis seperti PAC dan tawas atau dengan koagulan alami. Koagulan alami yang digunakan umumnya berasal dari biji tanaman. Biji-bijian pada prinsipnya mengandung protein yang berperan sebagai biokoagulan. Adapun biokoagulan yang digunakan untuk mengurangi unsur pencemaran air dalam koagulasi-flokulasi adalah biji pepaya dan biji kelor. Efektivitas koagulasi meningkat apabila menggunakan koagulan yang diekstrak. Ekstraksi protein dari koagulan alami umumnya menggunakan larutan garam NaCl.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi larutan NaCl yang paling efektif sebagai pelarut dan menentukan efektivitas antara biokoagulan biji pepaya dan biji kelor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan ekstraksi biji pepaya dan biji kelor menggunakan pelarut NaCl dengan variasi konsentrasi 0,5M; 1M; 1,5M; dan 2M. Penelitian ini menggunakan pengadukan cepat 200 rpm selama 4 menit, pengadukan lambat 50 rpm selama 30 menit dan sedimentasi selama 1 jam dengan pemberian dosis biokoagulan 80 mL ekstrak/300 mL sampel. Penentuan konsentrasi optimum dilihat dari %efektivitas kedua biokoagulan pada pengaplikasian air limbah pabrik tahu terhadap penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) menggunakan metode gravimetri, *Chemical Oxygen Demand* (COD) menggunakan metode refluks terbuka, dan kekeruhan menggunakan alat turbidimeter.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa konsentrasi larutan NaCl yang optimum sebagai pelarut biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji kelor (*Moringa oleifera*) yaitu larutan NaCl dengan konsentrasi 1M. Kandungan sampel awal air limbah tahu untuk parameter TSS yaitu 2472 mg/L, Kekeruhan yaitu 803,5 NTU dan COD yaitu 20.736 mg/L O₂. Biokoagulan biji pepaya dan biokoagulan biji kelor dapat menurunkan parameter TSS sebanyak 33,41% dan 68,38%, pada penurunan kekeruhan sebanyak 79,03% dan 71,56% serta pada penurunan COD sebanyak 25,93% dan 66,67%. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa biokoagulan yang paling efektif dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada pengaplikasian air limbah pabrik tahu ialah biokoagulan biji kelor (*Moringa oleifera*).

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biji-bijian pada prinsipnya mengandung protein yang berperan sebagai koagulan. Protein yang larut dalam air akan menghasilkan protein larut air yang bermuatan positif, larutan tersebut memiliki sifat seperti polielektrolit tawas dan merupakan polimer yang dapat mengikat partikel koloid dan membentuk flok yang dapat mengendap. Adanya aktivitas asam amino kationik yang mampu mengadsorpsi dan membentuk ikatan antar partikel air keruh dan asam amino kationik sehingga terbentuk ikatan-ikatan yang stabil dapat mengendap. Adapun biokoagulan yang digunakan untuk mengurangi unsur pencemaran air dalam koagulasi-flokulasi adalah biji pepaya dan biji kelor. Kandungan protein dalam biji kelor dan biji pepaya ini berperan sebagai koagulan (Ariati & Ratnayani, 2017).

Biji pepaya mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antraknon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin. Selain itu, per 100 gr biji pepaya juga memiliki kandungan lemak sekitar 26%, protein 25%, dan serat 29% (Azevedo & Campagnol, 2014). Biji kelor mengandung protein dan logam-logam alkali berkemampuan sebagai penurunan kekeruhan hingga 75,6% dengan dosis 3,5 mg/L pada limbah industri penyamakan kulit (Hendriarianti, 2013). Koagulan biji pepaya dapat menurunkan COD sebesar 61% dan BOD sebesar 62% pada dosis 5 g (Ningsih, 2020).

Pengolahan air limbah menjadi salah satu cara untuk memperbaiki kondisi lingkungan agar aman ketika dialirkan ke perairan. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan proses koagulasi. Proses koagulasi adalah suatu cara untuk mengolah air limbah agar air yang dibuang ke lingkungan tidak terlalu berbahaya bagi perairan. Pada proses koagulasi dapat menggunakan bahan koagulan baik yang sintetis seperti PAC dan tawas atau dapat juga menggunakan koagulan alami (Ihsani, 2014). Implementasi koagulan sintetis sebagai bahan dalam pengolahan air bersih ataupun air limbah tentunya mempunyai efek negatif jangka panjang jika terus menerus terakumulasi dalam lingkungan. Koagulan tersebut memiliki kelemahan yang akan menimbulkan lumpur sehingga dalam jangka panjang akan bahaya bagi lingkungan (Oloibiri et al., 2015). Meskipun bekerja dengan baik, namun dosis berlebih menghasilkan lumpur dalam jumlah besar yang tidak terurai (He et al., 2016), bersifat toksik, dan memiliki harga lebih mahal (Hendrawati dkk. 2015).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas koagulasi meningkat apabila menggunakan koagulan yang diekstrak. Hal ini terjadi karena kelarutan protein dalam koagulan meningkat. Metode yang paling banyak digunakan adalah dengan larutan garam (*salt extraction*). Efisiensi koagulasi dapat ditingkatkan dengan mengekstrak komponen aktif dalam biji kelor dan biji pepaya menggunakan garam (*salt extraction*) dengan hasil penurunan kekeruhan mencapai 94% (Okuda et al., 1999). Oleh karena itu, ekstraksi protein dari koagulan alami umumnya menggunakan larutan garam NaCl. Penggunaan NaCl didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya dan ketersediaannya yang melimpah

serta harga yang relatif murah. Selain jenis garam, dilakukan analisis dengan variasi konsentrasi. Aktivitas koagulasi optimum terjadi pada konsentrasi 1 M (Okuda et al., 1999).

Dalam optimasi larutan NaCl, konsentrasi yang tepat harus dipilih untuk meningkatkan efektivitas koagulasi. Dalam beberapa penelitian, larutan NaCl yang digunakan sebagai pelarut telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam menurunkan kekeruhan dan TSS dalam limbah cair. Dengan melakukan optimasi larutan NaCl, diharapkan dapat ditemukan kondisi yang paling efektif untuk memanfaatkan biji pepaya dan biji kelor sebagai biokoagulan alami yang ramah lingkungan dalam pengolahan air. Penambahan NaCl dapat mempengaruhi kelarutan protein dengan cara meningkatkan atau menurunkan aktivitas ion yang berinteraksi dengan protein, serta mengganggu interaksi hidrofobik antara protein dan air.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian ini terkait optimasi larutan NaCl dalam pembuatan biokoagulan. Penelitian ini memilih biji kelor dan biji pepaya sebagai biokoagulan dikarenakan berfungsi untuk menggantikan koagulasi sintesis seperti PAC dan alum dimana prosesnya yang kompleks dan membutuhkan biaya yang besar (Ritonga, 2021). Koagulasi akan lebih efektif jika bahan aktif koagulan diekstrak terlebih dahulu. Dalam penelitian ini NaCl (garam dapur) digunakan sebagai bahan pengestrak. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan konsentrasi pelarut NaCl terbaik untuk ekstrak biji pepaya dan biji kelor yang akan membandingkan tingkat keberhasilan

antar biokoagulan terhadap parameter pengolahan limbah, terkhusus pada pengolahan air limbah industri tahu.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa konsentrasi larutan NaCl yang paling efektif sebagai pelarut biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji kelor (*Moringa oleifera*)?
2. Bagaimana efektivitas antara biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada air limbah pabrik tahu?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini hanya membatasi beberapa masalah agar berjalan dengan baik dan tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian ini dilakukan pada air limbah tahu yang diambil pada pabrik tahu yang berlokasi di Moncongloe, Maros, Sulawesi Selatan.
2. Jenis pelarut yang digunakan dalam ekstraksi biokoagulan adalah NaCl dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M, 1,5 M dan 2 M.
3. Penelitian ini hanya membandingkan kemampuan biokoagulan yang terbuat dari biji pepaya dan biokoagulan dari biji kelor.
4. Parameter limbah domestik yang diukur hanya parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan turbiditas/kekeruhan.

5. Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) menggunakan metode refluks terbuka, analisis TSS menggunakan metode gravimetri, dan Analisa kekeruhan menggunakan alat turbidimeter.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini direncanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan konsentrasi larutan NaCl yang paling efektif sebagai pelarut biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji kelor (*Moringa oleifera*).
2. Menentukan efektivitas antara biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada air limbah pabrik tahu.

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai:

1. Memberikan informasi tentang efektivitas ekstrak NaCl sebagai pelarut biokoagulan yang dapat menjadi koagulan alternatif.
2. Memberikan informasi kepada Masyarakat tentang pemanfaatan ekstrak larutan NaCl biji kelor dan biji pepaya sebagai koagulan, sehingga dapat menaikkan nilai ekonomis biji kelor dan biji pepaya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica papaya L.*)

Buah pepaya terkenal mengandung nutrisi dan sifat farmakologis-obatnya yang cukup tinggi. Akan tetapi, pemanfaatan biji pepaya sendiri belum maksimal yaitu hanya dimanfaatkan sebagai bibit padahal biji pepaya memiliki kandungan protein dan karbohidrat yang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami (Ag, dkk., 2023).

Biji pepaya mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antrakinon, tannin, triterpenoid/steroid dan saponin. Selain itu biji pepaya juga memiliki kandungan lemak sekitar 26%, protein 25 dan serat 29%. Kandungan protein yang ada dalam biji pepaya ini berperan sebagai koagulan (Ningsih, 2020). Kandungan protein pada biji pepaya ini dapat membentuk dan mengendapkan flok. Flok-flok inilah yang kemudian dapat dipisahkan dari limbah (Airun, 2020).



Gambar 2.1 Biji Buah Pepaya (*Carica papaya L.*)

Tabel 2.1 Komposisi Proksimat Serbuk Biji Pepaya

Parameter	Besaran (%)
Kelembaban	7,3
Minyak	30,1
Protein	28,1
Abu	8,2
Serat	19,1
Karbohidrat	25,6

Sumber: *International Journal of Applied, Physical and Bio-chemistry Research*. 2012, 2(1), 33-43.

2.2 Biokoagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif yang tersedia secara lokal. Biji kelor yang dipergunakan adalah yang matang atau tua yang memiliki kadar air kurang dari 10%. Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif yang tersedia secara lokal. Efektivitas koagulasi biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik (Setyawati et al., 2019).



Gambar 2.2 Buah Kelor (*Moringa oleifera*)

Sebagai biokoagulan, biji kelor kering dapat digunakan untuk mengkoagulasi-flokulasi kekeruhan air (Utami et al., 2013). Biji dari tumbuhan

ini mengandung zat aktif (4-alfa-4-Ramnosiloksi-Benzil-Isotiosianat) yang dapat digunakan sebagai koagulan alami pada proses penjernihan air (Haslinah, 2019).

Biji kelor dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair yang sama efektifnya dengan menggunakan koagulan dari bahan kimia, berupa serbuk yang lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis dibanding dengan bahan kimia. Biji kelor mengandung protein kationik yang dapat menentukan efektivitas biji kelor sebagai koagulan. Keuntungan penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami dibandingkan dengan koagulan kimia yaitu tanaman tersebut mudah didapatkan di daerah beriklim tropis, lebih ramah lingkungan dan lebih tahan terhadap gesekan pada saat aliran turbulen dibandingkan dengan koagulan kimia (Ningsih, 2020).

Tabel 2.2 Kandungan protein, lemak dan karbohidrat dalam biji kelor (*Moringa oleifera*)

No.	Preparat Biji Kelor	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
1.	Biji dengan kulit			
	a. Bubuk	36,7	34,6	5,0
	b. Larutan	0,9	0,8	-
	c. Padatan Residu	29,3	50,3	1,3
2.	Biji tanpa kulit			
	a. Bubuk	27,1	21,1	5,5
	b. Larutan	0,3	0,4	-
	c. Padatan Residu	26,4	27,3	-

Sumber: (Hidayatul, 2022)

2.3 Pelarut NaCl

Natrium klorida atau yang juga dikenal dengan sebutan halit atau garam dapur adalah suatu senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl dan larut dalam air. Natrium klorida berwujud kristal padat berwarna putih. Padatan NaCl

merupakan senyawa ionik karena terdapat ikatan antara ion Na^+ dan ion Cl^- . Penggunaan NaCl sebagai pengekstrak didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah serta harganya yang relatif murah (Maulidya, 2021).

Untuk memperoleh bahan aktif dari koagulan alami dapat dilakukan ekstraksi menggunakan larutan garam NaCl . Larutan NaCl yang mengandung ekstrak koagulan dapat langsung digunakan untuk proses penjernihan air. Meskipun ekstrak yang diperoleh belum murni, penggunaan larutan ekstrak ini lebih efektif dari pada penggunaan dalam bentuk serbuk. Dari penelitian yang sudah dilakukan diketahui bahwa kebanyakan bahan aktif dari koagulan alami adalah protein yang terdapat pada biji tanaman (Anggorowati, 2021).

Koagulasi akan lebih efektif jika bahan aktif koagulan diekstrak terlebih dahulu. Pada penggunaan ekstrak larutan NaCl dari *M. Oleifera* aktifitas koagulasinya meningkat dengan adanya kation Mg^{2+} , Ca^{2+} atau Ba^{2+} (Liew A.G., n.d.).

Berdasarkan penelitian (Aslamiah et al., 2013) kekeruhan sampel air limbah yang awalnya mencapai 384 NTU, dengan ditambahkan koagulan biji kelor yang mempunyai variasi konsentrasi larutan NaCl berbeda maka didapatkan nilai penurunan kekeruhan yang berbeda pula. Konsentrasi larutan pengekstrak biji kelor 0,5 M mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 65,1 %; larutan pengekstrak 1 M mampu menurunkan nilai kekeruhan 74,6 %; larutan pengekstrak 1,5 M mampu menurunkan nilai kekeruhan 71,09 % sedangkan larutan pengekstrak 2 M hanya mampu menurunkan nilai kekeruhan sebanyak

58,3 %. Penurunan nilai kekeruhan 74,6 % pada konsentrasi larutan pengestrak 1 M merupakan nilai penurunan yang paling optimum.

Hasil penelitian (Madrona et al., 2012) menjelaskan bahwa konsentrasi NaCl 0,01 M; 0,1 M dan 1 M didapatkan hasil pengestrakan protein terbanyak dalam biji kelor pada konsentrasi 1 M yakni sebesar 4.499 mg/L, dimana protein adalah senyawa yang diperkirakan berperan sebagai koagulan pada biji kelor. Kelarutan protein dalam larutan NaCl dipengaruhi oleh konsentrasi garam. Pada proses ini terjadi fenomena *salting in* dan *salting out*. Secara umum, Penggunaan larutan garam NaCl dengan konsentrasi 0,5-1M merupakan pelarut yang paling umum digunakan dalam ekstraksi protein dari kacang-kacangan atau biji-bijian (Kristianto et al., 2019).

Karakterisasi dari ekstrak NaCl biji kelor ini meliputi: kadar karbohidrat yang dianalisis menggunakan metode Nelson Somogyi, kadar protein yang dianalisis menggunakan metode Lowry dan kadar lemak menggunakan metode Folch. Karakterisasi ekstrak NaCl biji kelor ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ekstrak NaCl biji kelor yang berpotensi menjadi koagulan (Aslamiah et al., 2013).

Proses terekstraknya protein dalam NaCl akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan konsentrasi garam namun apabila konsentrasi garam ditingkatkan terus menerus maka kelarutan protein akan turun pada konsentrasi tertentu sehingga protein justru akan mengendap protein sudah mulai mengendap maka proses penjernihan air tidak terjadi lagi dan akibatnya turbiditas air tidak dapat turun lagi (Deak et al., 2006).

Oleh sebab itu untuk mendapatkan turbiditas yang terus menurun, konsentrasi garam harus tetap dijaga agar tidak menurun dalam larutan sehingga tidak terjadi pengendapan protein. Dengan demikian aktivitas koagulasi zat aktif koagulan protein yang diekstrak dengan larutan NaCl ini dapat menampakkan hasil yang efektif untuk proses penurunan turbiditas atau untuk penjernihan air (Anggorowati, 2021).

2.4 Ekstraksi

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair (Laila Nurhidayatus, 2016). Cairan pelarut dalam proses pembuatan ekstrak adalah pelarut yang baik (optimal) untuk senyawa kandungan yang berkhasiat atau yang aktif, dengan demikian senyawa tersebut dapat dipisahkan dari bahan dan dari senyawa kandungan lainnya serta ekstrak hanya mengandung sebagian besar senyawa kandungan yang diinginkan (Depkes RI, 2000). Dalam pembuatan koagulan, metode ekstraksi menjadi salah satu cara yang cukup efektif terutama pada koagulan alami. Penggunaan koagulan alami untuk penjernihan air dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara yang paling sederhana adalah langsung menggunakan serbuk dari biji tanaman yang sudah dikeringkan (Antov et al., 2007). Cara ini kurang efektif karena bahan aktif koagulan masih tercampur dengan berbagai pengotor.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas koagulasi meningkat apabila menggunakan koagulan yang diekstrak. Hal ini terjadi karena kelarutan protein dalam koagulan meningkat. Metode yang paling banyak digunakan adalah

dengan larutan garam (*salt extraction*). Efisiensi koagulasi dapat ditingkatkan dengan mengekstrak komponen aktif dalam biji kelor menggunakan garam (*salt extraction*) dengan hasil penurunan kekeruhan mencapai 94% (Okuda et al., 1999).

2.5 Air Limbah Industri Tahu

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu. Limbah tersebut berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair apabila langsung dibuang ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai tersebut. Oleh sebagai itu, limbah cair tahu harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi konsentrasi kandungan pencemar yang menyertai limbah tersebut (Nurika *et al.*, 2007).

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetak tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Savira & Suharsono, 2013).

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Savira & Suharsono, 2013).

Air limbah Industri Tahu dapat dialirkan ke badan sungai apabila telah memenuhi standar yang diatur Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 mengatur Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu, pada Tabel 2.3, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu

Parameter	Kadar* (mg/l)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH		6-9
Kualitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)		20

Sumber: *Kementerian Lingkungan Hidup (2014)*

Limbah cair tahu mengandung bahan organik berupa protein yang dapat terdegradasi menjadi bahan organik. Degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil (Savira & Suharsono, 2013).

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik, turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa ammonia, karbondioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa-senyawa tersebut sangat toksik bagi Sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau (Savira & Suharsono, 2013).

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari Sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Savira & Suharsono, 2013).

2.6 Parameter

Pentingnya untuk menganalisa kondisi air limbah yang akan dibuang ke lingkungan tentunya mempunyai parameter-parameter yang perlu untuk dikontrol. Sebagian parameter yang perlu untuk dikontrol dalam menentukan kondisi kualitas air limbah (Dermawan, 2020) yaitu *Total Suspended solid* (TSS), kekeruhan atau turbiditas dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

a. *Total Suspended Solid* (TSS)

Padatan tersuspensi atau TSS adalah partikel yang tersuspensi air. Konstituen hidup seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri dan jamur atau konstituen mati seperti pasir, lumpur dan partikel tanah liat diklasifikasikan

sebagai partikel yang tersuspensi air. Dalam air, yang mengandung padatan tersuspensi, itu menjadi media dimana reaksi kimia heterogen terjadi dan bertindak sebagai bahan untuk hasil sedimen yang dapat mempengaruhi kemampuan untuk menghasilkan bahan organik dalam badan air (Doraja *et al.*, 2012). Ketika kondisi TSS di perairan memburuk, penetrasi sinar matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak terjadi secara efektif karena terhalang oleh fotosintesis oleh polutan di perairan menjadi terhambat (Tarigan, 2010).

TSS yang terlalu berlebihan dalam perairan akan menyebabkan air menjadi keruh, sehingga akan menghalang masuknya sinar matahari ke dalam perairan. Ekosistem perairan membutuhkan sinar matahari sebagai sumber energi bagi tanaman air untuk melakukan fotosintesis dan dapat menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Kondisi ini sesuai dalam penelitian (Bilotta & Brazier, 2008) menyatakan TSS merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi. Perubahan secara fisika meliputi penambahan zat padat baik bahan organik maupun anorganik ke dalam perairan sehingga meningkatkan kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke badan air. Berkurangnya penetrasi cahaya matahari akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya.

b. Kekeruhan (Turbiditas)

Air yang memiliki kandungan banyak partikel tersuspensi di dalamnya akan mengakibatkan kondisi air menjadi kotor atau keruh. Tingkat kekeruhan

(Turbiditas) dalam air merupakan suatu aspek yang harus diperhatikan, karena menyangkut dengan baiknya kondisi air tersebut. Kekeruhan merupakan kondisi saat transparansi sebuah zat cair akan mengalami pengurangan yang diakibatkan adanya kemunculan zat lain. Zat-zat lainnya ini dapat berasal melalui bahan-bahan anorganik/organik (Rasyid *et al.*, 2013). Terdapatnya zat-zat yang dimaksud yaitu disebabkan oleh adanya zat terlarut dalam air dan membuatnya menjadi keruh atau tidak jernih. Kekeruhan pada air terjadi karena pada dasarnya disebabkan oleh adanya zat - zat koloid yang merupakan zat mengambang. Kekeruhan menyebabkan air menjadi berkabut atau mengurangi permeabilitas air, sehingga secara estetika sangat mengganggu. Arah sinar yang dipancarkan berubah ketika cahaya bertabrakan dengan partikel di dalam air (Faisal *et al.*, 2016).

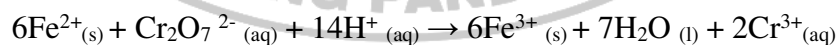
c. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical oxygen demand (COD) yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. COD merupakan salah satu parameter kunci sebagai pendeteksi tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada (Andara *et al.*, 2014). COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini dapat terjadi dikarenakan bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat. Sehingga segala macam bahan organik, baik

yang mudah terurai maupun yang kompleks atau sulit terurai, akan teroksidasi (Atima, 2015).

COD sering juga disebut sebagai kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) merupakan jumlah oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. Pengujian COD digunakan untuk mengukur padanan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi dengan penggunaan dikromat pada larutan asam. Peningkatan COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sami, 2016).

Prinsip dasar dalam penentuan COD adalah proses oksidasi oleh kalium dikromat dalam lingkungan asam sulfat pekat. Sisa kalium dikromat yang tidak tereduksi dititrasi dengan larutan standar larutan fero ammonium sulfat. Perak sulfat berfungsi sebagai katalis dalam proses oksidasi untuk sampel yang mengandung senyawa alifatis. Dalam penentuan COD kalium dikromat harus ditambahkan secara berlebih untuk memastikan semua senyawa organik telah teroksidasi sempurna. Kelebihan $K_2Cr_2O_7$ ditentukan melalui titrasi dengan $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ atau FAS (Ferro Amonium Sulfat) yang reaksinya adalah sebagai berikut :



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium kimia organik, kampus 1 dan Laboratorium pengolahan limbah, kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang dimulai pada bulan Maret 2024 sampai dengan Juli 2024.

Sampel air limbah tahu diambil dari sebuah pabrik tahu di daerah Moncongloe.



Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel air limbah tahu

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peralatan gelas, pengaduk, blender, saringan (ayakan), alat *sieving*, neraca analitik, turbidimeter 2100 AN, alat *jartest*, *hotplate*, oven, desikator, serangkaian alat COD, cawan, buret, corong kaca, labu takar, tabung destruksi dan serangkaian alat destilasi.

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji kelor, biji pepaya, air limbah industri tahu, NaCl, aquades, aquabides, Asam sulfat, NaOH, Asam borat, K_2CrO_7 , $HgSO_4$, $AgSO_4+H_2SO_4$, kertas saring, FAS, indikator feroin.

3.3 Prosedur penelitian

3.3.1 Pembuatan Biokoagulan Biji Pepaya dan Biji Kelor

Berdasarkan penelitian (Putra & Gusmarwani, 2021) Pembuatan koagulan dari biji Pepaya yaitu dengan cara biji pepaya dikeringkan di oven selama 6 jam suhu $60^\circ C$ lalu biji Pepaya yang sudah kering diblender sampai halus dan diayak pada ukuran 125 mesh, selanjutnya biji pepaya 3 gr diekstraksi dalam 100 ml larutan NaCl dengan variasi larutan NaCl (0,5; 1; 1,5; 2) M selama 1 jam dengan suhu $65^\circ C$. Hasil ekstraksi biji pepaya dianalisis kandungan proteinnya.*

*Dilakukan hal yang sama untuk pembuatan biokoagulan biji kelor

3.3.2 Analisis Protein Metode Kjehdal

a. Persiapan Sampel

1. Ditimbang 7 gram katalis campuran (katalis $CuSO_4 + Na_2SO_4$) dan dimasukkan ke dalam setiap tabung destruksi
2. Ditimbang masing-masing sampel (biji kelor dan biji pepaya) sebanyak 1 gram
3. Dimasukkan sampel yang telah ditimbang ke dalam tabung destruksi yang telah berisi katalis
4. Ditambahkan 25 ml H_2SO_4 98% ke dalam masing-masing tabung destruksi
5. Disiapkan juga katalis dan H_2SO_4 untuk tabung destruksi blanko.

b. Tahap Destruksi

1. Diletakkan tabung destruksi pada kompor (heater)
2. Ditunggu hingga uap atau asap putih muncul pada proses pemanasan, ditunggu hingga terjadi perubahan warna menjadi kehijauan/hijau bening
3. Didinginkan sampel yang telah berubah warna pada suhu kamar di dalam lemari asam.

c. Tahap Destilasi

1. Dirangkai alat destilasi yang akan digunakan
2. Dimasukkan larutan blanko ke dalam labu destilasi
3. Ditambahkan NaOH 30% sebanyak 100 ml ke dalam labu destilasi atau sampai campuran berwarna gelap
4. Ditambahkan asam borat 2% sebanyak 100 ml ke dalam erlenmeyer 250 ml dan penambahan indikator titrasi sebanyak 3 tetes
5. Dijalankan destilasi dengan memasang labu destilasi pada rangkaian peralatan destilasi dan distilat ditampung pada erlenmeyer yang berisi asam borat
6. Proses destilasi dihentikan apabila distilat yang diperoleh dan asam borat mencapai 200 ml pada Erlenmeyer dan residu dibiarkan terbuang dengan pengisapan
7. Sampel didinginkan sebelum dilakukan titrasi
8. Diulangi poin 3-7 untuk larutan sampel.

d. Tahap Titrasi

1. Dititrasi distilat yang telah dihasilkan dari proses destilasi dengan larutan HCl 0,1 N
2. Dihentikan titrasi apabila terjadi perubahan warna menjadi merah jambu
3. Dicatat volume titrasi yang dihasilkan dan dihitung kadar proteinnya.

Kandungan nitrogen dapat dihitung sebagai berikut:

$$\%N = \frac{(V_1 - V_2) \times N.HCl \times 14,008}{\text{gram bahan} \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Setelah diperoleh %N, selanjutnya dihitung kadar proteinnya dengan cara mengalikannya dengan faktor konversi N.

$$\text{Kadar protein (\%)} = \% N \times \text{faktor konversi} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

%N = Kadar Nitrogen (%)

V₁ = Hasil titrasi blanko (mL)

V₂ = Hasil titrasi sampel (mL)

14,008 = Berat molekul nitrogen

3.3.3 Pengujian Koagulasi Flokulasi

Pengujian koagulasi flokulasi merujuk pada (SNI, 2000)

1. Sampel limbah tahu dimasukkan ke dalam empat beaker glass sebanyak 300 mL masing-masing ditambahkan ekstrak biji pepaya yang berbeda variasi larutan NaCl (0,5; 1; 1,5; 2) M sebanyak 80 ml
2. Dihidupkan jar test dan diatur pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 4 menit, lalu pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit. Kemudian jar test dimatikan dan diendapkan selama 60 menit.

3. Selanjutnya dilakukan pengujian kadar COD, TSS dan kekeruhan pada masing-masing beaker glass dan dicatat hasil pengukurannya
4. Dilakukan hal yang sama untuk biokoagulan biji kelor.

3.3.4 Uji Total Suspended Solid (TSS) (Khofifah & Utami, 2022)

Acuan yang digunakan yaitu (Badan Standardisasi Nasional, SNI 6989.3:2019) untuk parameter TSS secara gravimetri.

1. Sampel diaduk hingga homogen dan ditakar dalam gelas ukur 100 mL
2. selanjutnya dimasukkan ke dalam media penyaring (kertas saring) ukuran 1,5 μm
3. Media penyaring dibilas dengan aquades 10 mL sebanyak 3 kali, dilanjutkan penyaringan hingga tiris
4. Media penyaring (kertas saring) dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring ke dalam cawan petri menggunakan pinset dengan posisi kertas saring menyandar cawan
5. Cawan petri yang berisi kertas saring dikeringkan ke dalam oven pada suhu $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam
6. Didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang menggunakan media penyangga gelas beker 25 mL pada neraca analitik dengan keterbacaan 0,1 mg
7. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga diperoleh berat tetap
8. Menghitung kadar TSS :

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

W_0 : berat kertas saring (mg)

W_1 : berat kertas saring + residu kering (mg)

V : volume contoh uji (mL)

1000 : konversi mililiter ke liter (mL/L)

3.3.5 Uji kekeruhan (Turbiditas)

Pengujian turbiditas merujuk pada (SNI 06-6989.25-2005, 2005), dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dibilas kuvet dengan air aquadest
2. Dimasukkan sampel air limbah penatu ke dalam kuvet sampai batas garis
3. Dilap sisa-sisa air pada kuvet sampai dipastikan bagian luar kuvet kering dan meletakkan kuvet di alat turbidimeter
4. Ditekan tombol “power” pada alat turbidimeter, setelah itu tekan tombol “zero” pada alat
5. Selanjutnya tekan tombol “test/call” pada alat, dicatat hasil angka pengukuran yang terbaca oleh alat
6. Alat dimatikan, setelah itu dikeluarkan kuvet dan dibilas dengan aquadest.

3.3.6 Uji COD (Chemical Oxygen Demand)

Dilakukan terlebih dahulu standarisasi larutan FAS (Ferro Amonium Sulfat) 0,25 N.

1. Dipipet larutan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 5 ml ke dalain erlenmeyer 250 mL
2. Ditambahkan Aquabidest sebanyak 15 mL hingga volumenya menjadi 20 mL didalam Erlenmeyer.
3. Ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 6 mL.

4. Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 3-4 tetes.
5. Diisi buret dengan menggunakan larutan FAS 0,25 N.
6. Dititrasi larutan dengan menggunakan larutan FAS yang akan distandarisasi hingga terjadi perubahan warna.
7. Dicatat volume FAS yang digunakan.

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{V_1 \times N_1}{V_2} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan pengertian:

V_1 = Volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan, mL;

V_2 = Volume larutan FAS yang dibutuhkan, mL;

N_1 = Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

Prosedur kerja penentuan nilai COD berdasarkan (SNI 6989.15-2019, 2019)

sebagai berikut :

1. 10 ml sampel dipipet dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer asa 250 mL
2. $HgSO_4$ sebanyak 0,2 g ditambahkan kedalam erlenmeyer yang berisi sampel serta beberapa batu didih.
3. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N ditambahkan kedalam erlenmeyer sebanyak 5 mL
4. Campuran pereaksi $AgSO_4+H_2SO_4$ sebanyak 15 mL ditambahkan kedalam erlenmeyer yang berisi sampel sambil didinginkan dalam air pendingin.
5. Erlenmeyer yang berisi sampel dihubungkan dengan kondensor dan didihkan diatas *hot plate* (settingan suhu divariasasi) dengan waktu pemanasan selama 2jam. Kondensor telah dialiri air pendingin menggunakan pompa
6. Pemanasan sampel dilakukan selama 2 jam dengan settingan suhu hot plate yang konstan yaitu $250^\circ C$

7. Setelah waktu tercapai, kondensor dibilas dengan aquades hingga volume sampel sekitar 70 mL
8. Sampel didinginkan sampai suhu kamar, lalu ditambahkan indikator ferroin 2-3 tetes, lalu dititrasi dengan FAS 0,25 N sampai terjadi perubahan warna kemerah kecokelatan. Jumlah FAS yang digunakan dicatat
9. Perlakuan 1-8 dilakukan hal yang sama untuk blanko, tapi sampel pada point 1 diganti dengan aquades
10. Perhitungan nilai COD menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai COD (Kebutuhan Oksigen Kimia) (mg/L O}_2\text{)} = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{Vol. Sampel}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

A = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (mL)

B = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh/sampel (mL)

N = Normalitas larutan FAS yang digunakan (N)

8000 = berat mili ekivalen oksigen $\times 1000$ mL/L

3.4 Analisis Data

Nilai persentase efektivitas penurunan COD, TSS, dan Turbiditas diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi COD, TSS, dan Turbiditas sampel awal sebelum adanya perlakuan proses koagulasi dan flokulasi dengan hasil akhir. Penurunan tersebut dihitung dengan membandingkan nilai pada influent dan effluent yang akan dinyatakan dalam (%).

Perhitungan efektivitas:

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

% removal = efisiensi penurunan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

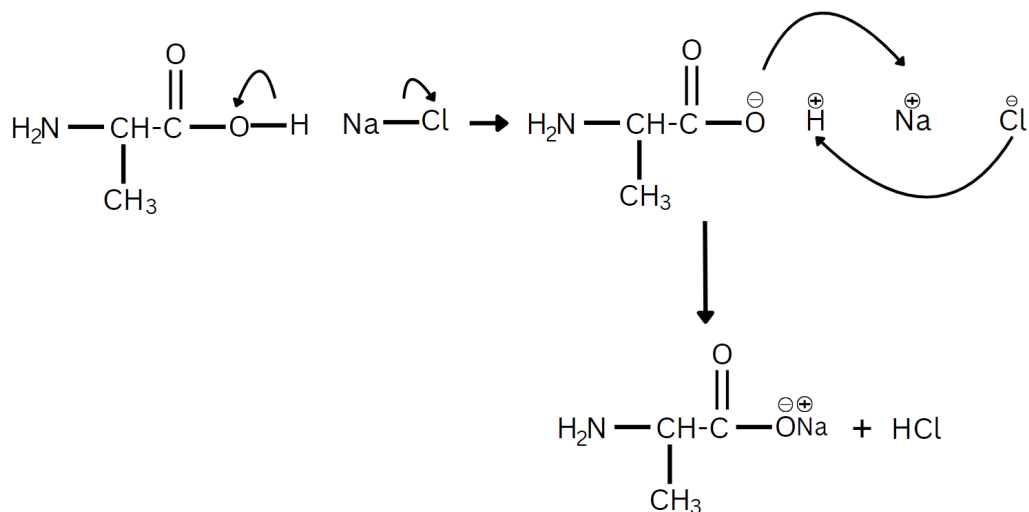
4.1 Ekstraksi Biokoagulan dengan pelarut NaCl

Proses ekstraksi pada pembuatan biokoagulan biji kelor dan biji pepaya ini menggunakan larutan NaCl sebagai pelarut dengan variasi konsentrasi 0,5 M; 1M; 1,5M dan 2M. Penggunaan variasi konsentrasi larutan NaCl ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum pelarut yang digunakan pada pengolahan air limbah tahu. Proses ekstraksi dibantu dengan pengadukan yang bertujuan untuk memaksimalkan proses ekstraksi karena terjadi tumbukan antara partikel dengan pelarut yang lebih intensif.

Pada pembuatan koagulan beberapa kandungan pada biji-bijian dapat berperan sebagai koagulan, seperti kandungan protein dan tanin. Pada biji kelor dan biji pepaya dengan menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut NaCl dipercaya bahwa kandungan protein adalah yang berperan sebagai koagulan. Hal ini berdasarkan dengan penelitian (Hidayat, 2006) menyebutkan bahwa senyawa dalam biji kelor dan biji pepaya yang berperan sebagai koagulan adalah protein yang merupakan polielektrolit kationik yang mampu menetralkan muatan-muatan partikel koloid dalam sampel air.

Penelitian (Sunarno et al., 2019) menyebutkan bahwa kandungan tanin pada kandungan biji kelor sekitar 8,22% dan kandungan ini memiliki sifat yang dapat mengikat protein, sehingga menghambat penyerapan nutrisi esensial. Biji kelor yang memiliki kandungan protein lebih tinggi daripada tanin, keberadaan tanin dapat mempengaruhi penyerapan protein.

Ekstraksi menggunakan NaCl ini bertujuan untuk mengekstrak senyawa yang dapat berperan sebagai koagulan yaitu senyawa protein. Pemilihan pelarut NaCl ini sesuai dengan pernyataan (Brima et al., 2013) yang menyebutkan garam yang paling baik dalam ekstraksi protein yaitu NaCl, NH₄Cl, dan NaNO₃. Menurut (Okuda et al., 1999) kelarutan suatu protein akan semakin tinggi dengan meningkatnya kadar elektrolit dilingkungannya, sehingga dilakukan proses ekstraksi menggunakan pelarut NaCl untuk memisahkan protein yang berperan sebagai koagulan alami. NaCl yang terlarut dalam air akan membentuk ion-ion Na⁺ maupun Cl⁻. Mekanisme reaksi antara protein dan ion-ion NaCl terlihat pada Gambar 4.1

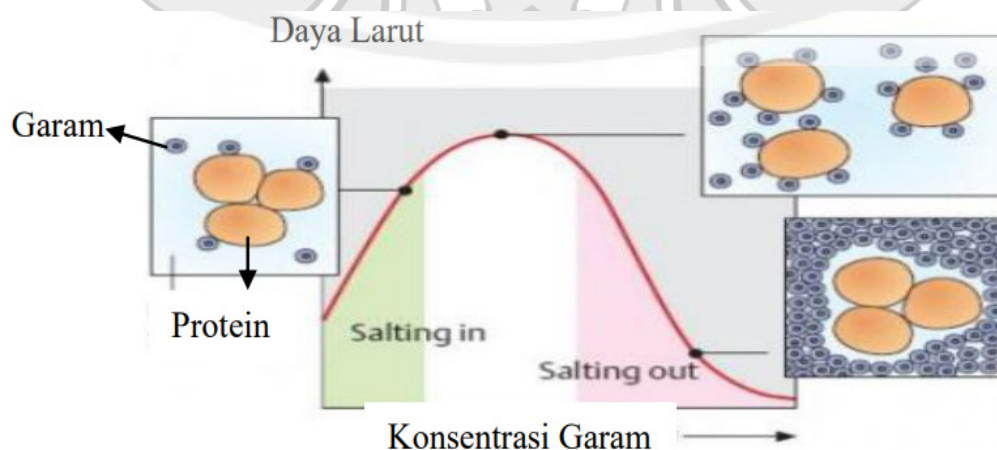


Gambar 4.1 Mekanisme reaksi antara protein dan NaCl

Interaksi protein dan garam dalam air dikenal dengan istilah *salting-in* dan *salting-out*. Protein bersifat polielektrolit kationik yang mampu menetralkan muatan-muatan partikel koloid dalam sampel air. Kelarutan protein dalam pelarut garam pada penelitian ini menggunakan metode *salting-in*. Dalam (Kurniati, 2009)

menyebutkan bahwa *salting-in* yaitu turunya daya elektrostatis antara molekul disekelilingnya sehingga dapat meningkatkan kelarutan protein dalam pelarut.

Proses ekstraksi protein dalam biji kelor didasarkan pada kelarutannya dalam pelarut. Kelarutan protein dipengaruhi oleh adanya ion anorganik dari suatu garam. Kelarutan protein akan terus berubah sejalan dengan perubahan konsentrasi garam. Pada garam berkonsentrasi rendah, penambahan NaCl dapat meningkatkan kelarutan protein. Hal ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas ion yang memperkuat interaksi ionik antara protein dan garam, sehingga protein menjadi lebih larut dalam cairan yang disebut dengan metode *salting in*. Sedangkan, pada garam berkonsentrasi tinggi, penambahan NaCl dapat menurunkan kelarutan protein. Hal ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas ion yang mengganggu interaksi hidrofobik antara protein dan air, sehingga protein menjadi lebih sulit larut dalam cairan, proses ini disebut *salting out*. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Hubungan konsentrasi garam dengan kelarutan protein (Alzahrani, 2009)

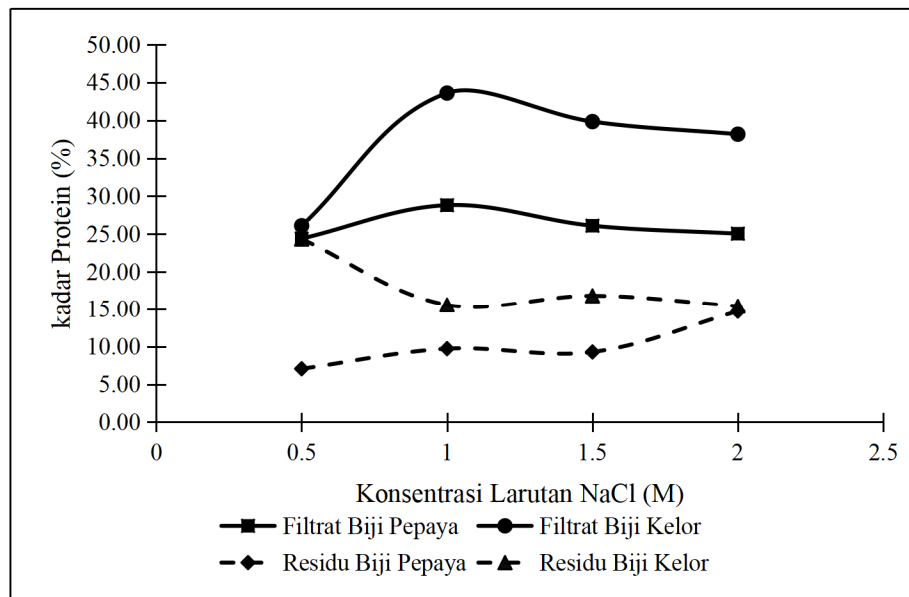
Hasil ini sesuai dengan pernyataan (Aisjah, 1990 dalam Kurniati, 2009) yang menyebutkan bahwa kelarutan protein dapat menurun dalam garam berkonsentrasi tinggi.

Analisis kadar protein dalam biji pepaya dan biji kelor dilakukan untuk mengetahui besarnya kandungan protein dalam biji pepaya dan biji kelor. Penentuan kadar protein pada penelitian ini menggunakan metode kjeldahl-Nessler yang memiliki prinsip kerja yaitu pendestruksian sampel menggunakan asam sulfat kuat sehingga melepaskan nitrogen yang dapat ditentukan kadar proteinnya. Dari Analisis ini diketahui bahwa biji kelor memiliki kandungan protein 45,35% dan sedangkan biji pepaya hanya memiliki kandungan protein 28,44%.

Tabel 4.1 Kadar Protein pada sampel setelah ekstraksi

Konsentrasi	Kadar Protein Pepaya (%)		Kadar Protein Kelor (%)	
	Residu	Filtrat	Residu	Filtrat
0,5	7,06	24,39	24,34	26,09
1	9,72	28,80	15,58	43,60
1,5	9,28	26,09	16,81	39,84
2	14,71	25,04	15,41	38,17

Dari Tabel 4.1 diperoleh kadar protein biji kelor dan biji pepaya yang diekstrak dengan larutan NaCl lebih besar berada di filtrat dibandingkan residu sampel. Hal ini menunjukkan bahwa peristiwa salting-in yaitu kelarutan protein dalam pelarut dapat meningkat dengan penambahan garam pada konsentrasi optimumnya. Pada penelitian ini titik optimum kadar protein berada pada konsentrasi NaCl 1 M. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



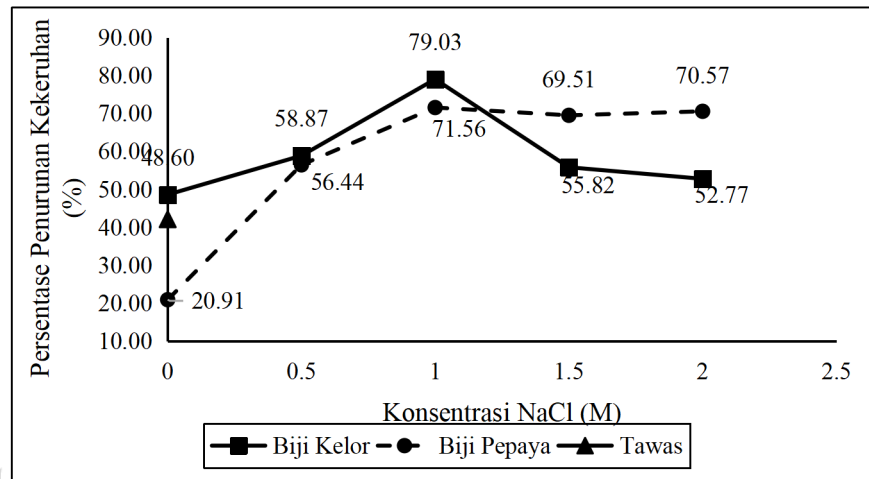
Gambar 4.3 Grafik hubungan konsentrasi NaCl dengan kadar protein

4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Pengekstrak (NaCl)

4.2.1 Penentuan Konsentrasi Optimum NaCl berdasarkan penurunan kekeruhan

Turbiditas (kekeruhan) merupakan partikel terlarut yang akan mempengaruhi warna air yang disebabkan oleh partikel terlarut di dalam air yang ukurannya berkisar antara 0,01-10 mm. Partikel yang sangat kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm disebut dengan partikel koloid dan sulit mengendap (Yuliastri,2010). Nilai awal kadar turbiditas air limbah tahu yaitu 803,5 NTU, dengan ditamhkannya koagulan biji pepaya dan biji kelor yang mempunyai variasi konsentrasi larutan pengeksrak berbeda maka didapatkan nilai penurunan kekeruhan yang juga berbeda. Hasil uji penurunan kekeruhan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin besar kemampuan untuk mengurangi kekeruhan, namun ketika mencapai titik optimum tidak terjadi penurunan yang signifikan. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak larutan NaCl 1 M mampu menurunkan kekeruhan air limbah

paling tinggi yaitu 79,03% untuk biokoagulan biji kelor dan 71,56% untuk biokoagulan biji pepaya.



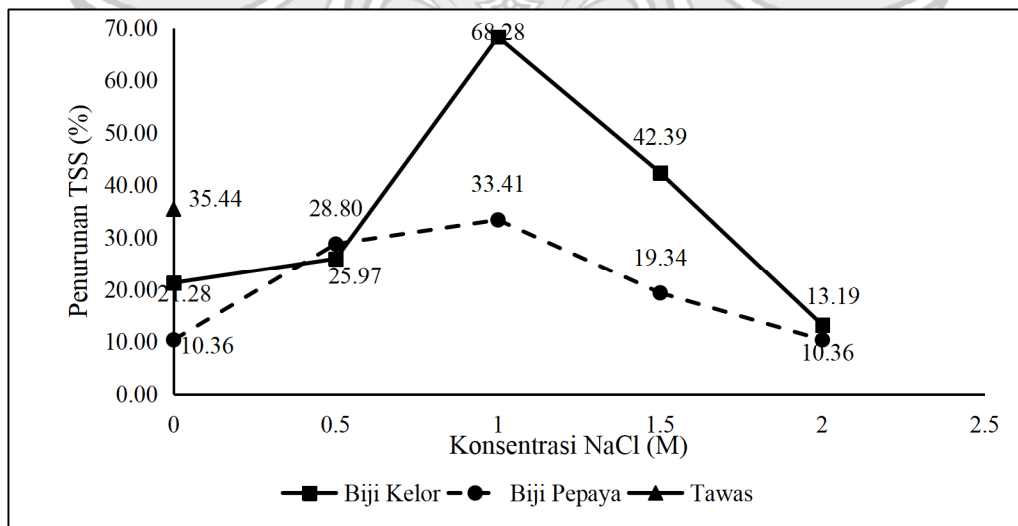
Gambar 4.4 Grafik penurunan kekeruhan terhadap konsentrasi NaCl

Pada konsentrasi NaCl 1,5 M dan 2 M terjadi penurunan efektivitas, hal ini disebabkan karena konsentrasi pelarut pada kondisi ini tidak dapat mengikat koloid dikarenakan koloid tersebut sudah berikatan dengan dosis yang optimum yaitu 1 M. Menurut Desta (2021), menyatakan bahwa ketika jumlah kation (ekstrak biji kelor) yang ditambahkan ke dalam air yang diolah berlebih dari jumlah anion (zat pengotor) pada air, maka kation tersebut dapat menyebabkan air menjadi keruh karena tidak adanya partikel bermuatan negatif untuk berinteraksi.

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi optimum dari setiap biokoagulan adalah 1 M karena kemampuan dalam mengurangi kekeruhan paling besar. Penurunan ini terjadi karena kandungan aktif dalam koagulan yaitu protein dapat menetralkan muatan partikel koloid dalam air limbah sehingga koloid dapat mengendap dan menyebabkan penurunan kekeruhan. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Madrona et al., 2012) yang menunjukkan konsentrasi optimum NaCl berada pada konsentrasi 1 M yang mampu menurunkan kekeruhan paling besar.

4.2.2 Penentuan Konsentrasi Optimum NaCl berdasarkan penurunan TSS

Berdasarkan hasil analisis kadar TSS limbah air tahu sebelum mendapat perlakuan diperoleh hasil TSS 2472 mg/L. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kondisi optimum berada pada konsentrasi NaCl 1 M untuk kedua biokoagulan. Penurunan TSS paling besar yaitu pada NaCl 1 M sebesar 68,28% untuk biji kelor dan 33,41% untuk biji 33egati. Hal ini disebabkan karena biokoagulan yang mengandung protein yang larut dalam air, sehingga menghasilkan muatan positif dalam jumlah yang banyak dan mengikat partikel muatan negatif dalam air limbah. Sesuai dengan pernyataan Gea dkk, (2019) bahwa biji kelor mengandung protein yang larut dalam air dan apabila dilarutkan akan menghasilkan muatan positif dalam jumlah yang banyak, sehingga akan berinteraksi dan mengikat partikel-partikel yang bermuatan negatif dalam air limbah sehingga membentuk flok-flok.



Gambar 4.5 Grafik penurunan efektifitas TSS terhadap konsentrasi NaCl

Setelah melewati titik optimum konsentrasi, kemampuan penurunan TSS mengalami penurunan dikarenakan telah terjadi proses *salting-out* yaitu pada

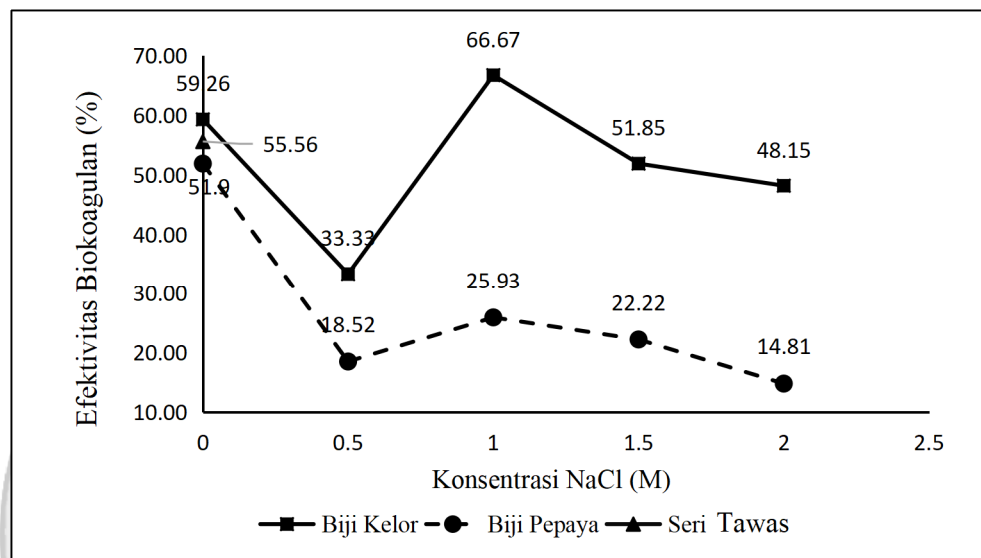
penambahan konsentrasi garam yang tinggi, garam akan lebih besar mengikat air sehingga molekul protein akan bergabung dan mengendap.

4.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum NaCl berdasarkan penurunan COD

Penurunan nilai COD yang dihasilkan menunjukkan bahwa NaCl pada konsentrasi 1 M adalah titik optimum untuk kedua biokoagulan karena mampu menurunkan nilai COD dengan efektivitas cukup tinggi untuk biji kelor yaitu 66,67% dan 25,93% untuk biokoagulan biji pepaya. Hasil setelah ekstraksi ini kurang efektif untuk analisa COD dikarenakan hasil penurunan tanpa ekstraksi memiliki nilai penurunan lebih tinggi untuk biokoagulan pepaya yaitu 51,9%. Berdasarkan (Novita dkk, 2014) Penurunan parameter COD terjadi saat koagulan serbuk biji kelor teraktivasi bermuatan positif menetralkan partikel koloid dan tersuspensi pada limbah cair yang memiliki muatan negatif dengan berat molekul rendah. Partikel koloid yang mengendap dari proses pengadukan cepat dan pengadukan lambat akhirnya akan menurunkan kandungan organik dalam limbah sehingga parameter COD mengalami penurunan. Penurunan partikel koloid dan bahan organik yang terjadi menyebabkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah berkurang sehingga parameter COD mengalami penurunan.

Pada penelitian ini juga dilakukan perlakuan yang sama dengan menggunakan koagulan tawas sebagai pembanding. Dari Gambar 4.5, diketahui bahwa koagulan tawas lebih efektif dalam menurunkan kadar COD dalam limbah tahu sebesar 55,56% dibandingkan biokoagulan biji pepaya sebelum dan sesudah ekstraksi. Berdasarkan penelitian (Salsabila, 2018) menyebutkan bahwa

keberhasilan tawas dalam mengurangi COD dapat diatribusikan pada kemampuannya untuk menetralkan muatan koloid dalam air, sehingga memfasilitasi pengendapan partikel.



Gambar 4.6 Grafik penurunan efektifitas COD terhadap konsentrasi NaCl

4.3 Penentuan Efektivitas antarbiokoagulan

Berdasarkan pengujian parameter kekeruhan, TSS, dan COD dapat dilihat bahwa penggunaan ekstrak biokoagulan biji kelor lebih efektif dibandingkan biokoagulan biji pepaya. Hal ini disebabkan karena kandungan protein pada biji kelor lebih tinggi dibandingkan biji pepaya. Hal ini berkaitan dengan sifat protein dalam koagulan, (Putra et al., 2020) mengatakan bahwa penurunan pada parameter pengolahan limbah disebabkan karena kandungan protein sebagai polielektrolit kationik yang merupakan komponen aktif dalam proses koagulan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Konsentrasi optimum larutan NaCl yang paling efektif sebagai pelarut biokoagulan biji pepaya (*Carica pepaya L*) dan biji kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap penurunan kekeruhan, penurunan TSS, dan penurunan COD yaitu larutan NaCl dengan konsentrasi 1M.
2. Biokoagulan yang paling efektif dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada air limbah pabrik tahu ialah biokoagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Selain protein, biji kelor juga memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi. Sehingga perlu juga dilakukan uji analisis lemak karena lemak diduga dapat mengganggu proses penarikan protein oleh NaCl dalam proses ekstraksi.
2. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai efektivitas biji kelor dan biji pepaya dalam mengolah air limbah selain limbah tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Airun, N. H. (2020). *Pemanfaatan Biji Pepaya (Carica Papaya L .) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Nurul Hidayati Airun No Mhs : 16612135.*
- Aji Dermawan. (2020). Pemanfaatan Air Laut Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan Ph, Suhu, Total Suspended Solid (Tss) Dan Turbiditas Pada Limbah Cair Domestik. In *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)* (Vol. 9).
- Andara, D. R., Haeruddin, & Suryanto, A. (2014). Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampisan Di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 3(3), 177–187.
- Anggorowati, A. A. (2021). Serbuk Biji Buah Semangka Dan Pepaya Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry)*, 9(1), 18–23.
- Antov, M. G., Šćiban, M. B., Adamović, S. R., & Klašnja, M. T. (2007). Investigation Of Isolation Conditions And Ion-Exchange Purification Of Protein Coagulation Components From Common Bean Seed. *Acta Periodica Technologica*, 38, 3–10. <https://doi.org/10.2298/APT0738003A>
- Ariati, N. K., & Ratnayani, K.-. (2017). Skrining Potensi Jenis Biji Polong-Polongan (Famili Fabaceae) Dan Biji Labu-Labuan (Famili Cucurbitaceae) Sebagai Koagulan Alami Pengganti Tawas. *Jurnal Kimia*, 15–22. <https://doi.org/10.24843/Jchem.2017.V11.I01.P03>
- Aslamiah, S. S., Yulianti, E., & Jannah, A. (2013). Aktivitas Koagulasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa Oleifera L.*) Dalam Larutan Nacl Terhadap Limbah Cair Ipal Pt. Sier Pier Pasuruan. *Alchemy*, 2(3). <https://doi.org/10.18860/Al.V0i0.2891>
- Azevedo, L. A., & Campagnol, P. C. B. (2014). Papaya Seed Flour (*Carica Papaya*) Affects The Technological And Sensory Quality Of Hamburgers. *International Food Research Journal*, 21(6), 2141–2145.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 6989.03:2019 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) Secara Gravimetri. *Standar Nasional Indonesia*, 1–13.
- Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding The Influence Of Suspended Solids On Water Quality And Aquatic Biota. *Water Research*, 42(12), 2849–2861. <https://doi.org/10.1016/J.Watres.2008.03.018>

- Deak, N. A., Murphy, P. A., & Johnson, L. A. (2006). Effects Of Nacl Concentration On Salting-In And Dilution During Salting-Out On Soy Protein Fractionation. *Journal Of Food Science*, 71(4). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2006.00028.X>
- Doraja, P. H., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Domestik Dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), 44–47. http://www.ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/788/244
- Faisal, M., Harmadi, H., & Puryanti, D. (2016). Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 8(1), 9–16. <https://doi.org/10.25077/jif.8.1.9-16.2016>
- Haslinah, A. (2019). Optimalisasi Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Turbiditas Dalam Limbah Cair Industri Tahu. *Iltek : Jurnal Teknologi*, 11(02), 1629–1633. <https://doi.org/10.47398/iltek.v11i02.80>
- Hendriarianti, E. (2013). Perbandingan Efektifitas Biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) Dan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Dalam Menurunkan Cod Dan Tss Air Limbah Industri Penyamakan Kulit. *Lingkungan Tropis*.
- Hidayatul, C. (2022). *Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Penatu*.
- Ihsani, S. L. (2014). Sintesis Biokoagulan Berbasis Kitosan Dari Kulit Udang Untuk Pengolahan Air Tersuspensi Tinggi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), 34–39.
- Khofifah, K., & Utami, M. (2022). Analisis Kadar Total Dissolved Solid (TDS) Dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Dari Industri Gula Tebu. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 7(1), 43–49. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss1.art6>
- Kristianto, H., Prasetyo, S., & Sugih, A. K. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Protein Dari Kacang-Kacangan Sebagai Koagulan Alami: Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 65. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.46292>
- Laila Nurhidayatus. (2016). Identifikasi Fraksi Aktif Antivirus Hepatiitis C Dari Ekstrak Etanol 80% Herba *Scoparia Dulcis Linn*. *Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Departemen Farmakognosi Dan Farmakimia : Surabaya.*, Skripsi, 1–121.
- Liew A.G., N. M. J. . And N. Y. M. (N.D.). *Turbid Water Clarification Using*

Extraction Of Cowpea Seeds.Pdf. KKU Engineering Journal, 2004, 31(2), 73 – 82.

Madrona, G. S., Branco, I. G., Seolin, V. J., Filho, B. De A. A., Fagundes-Klen, M. R., & Bergamasco, R. (2012). Avaliação De Extratos Obtidos Da Semente De Moringa Oleifera Lam Com Nacl E Seus Efeitos No Tratamento Para Obtenção De Água Potável. *Acta Scientiarum - Technology*, 34(3), 289–293. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v34i3.9605>

Maulidya, N. (2021). Kajian Pengolahan Air Gambut Dengan Ekstraksi Kacang Kedelai (*Glycine Max L.*) Dalam Larutan Nacl Sebagai Biokoagulan. *Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Indonesia*.

Ningsih, N. R. (2020). *Efektivitas Biji Melon (Cucumis Melo L.) Dan Biji Pepaya (Carica Papaya L.) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Air Limbah Industri Tahu*.

Nurika, I., Mulyarto, A. R., & Afshari, K. (2007). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Limbah Cair Tahu (Kajian Konsentrasi Serbuk Biji Asam Jawa Dan Lama Pengadukan). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(3), 215–220.

Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., & Okada, M. (1999). Improvement Of Extraction Method Of Coagulation Active Components From Moringa Oleifera Seed. *Water Research*, 33(15), 3373–3378. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00046-9)

oLOIBIRI, v., c, i. u., cHYS, m., & aUDENAERT, w. t. m. (n.d.). *treatment of landfill leachate by coupling coagulation-flocculation or ozonation to granular activated carbon adsorption*.

Putra, A. A. D., & Gusmarwani, S. R. (2021). Pembuatan Koagulan Alami Dari Biji Pepaya Dan Kulit Pisang(Variabel Konsentrasi Nacl Dan Massa Biji Pepaya). *Jurnal Inovasi Proses*, 6(2), 40–43. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/JIP/article/view/3757>

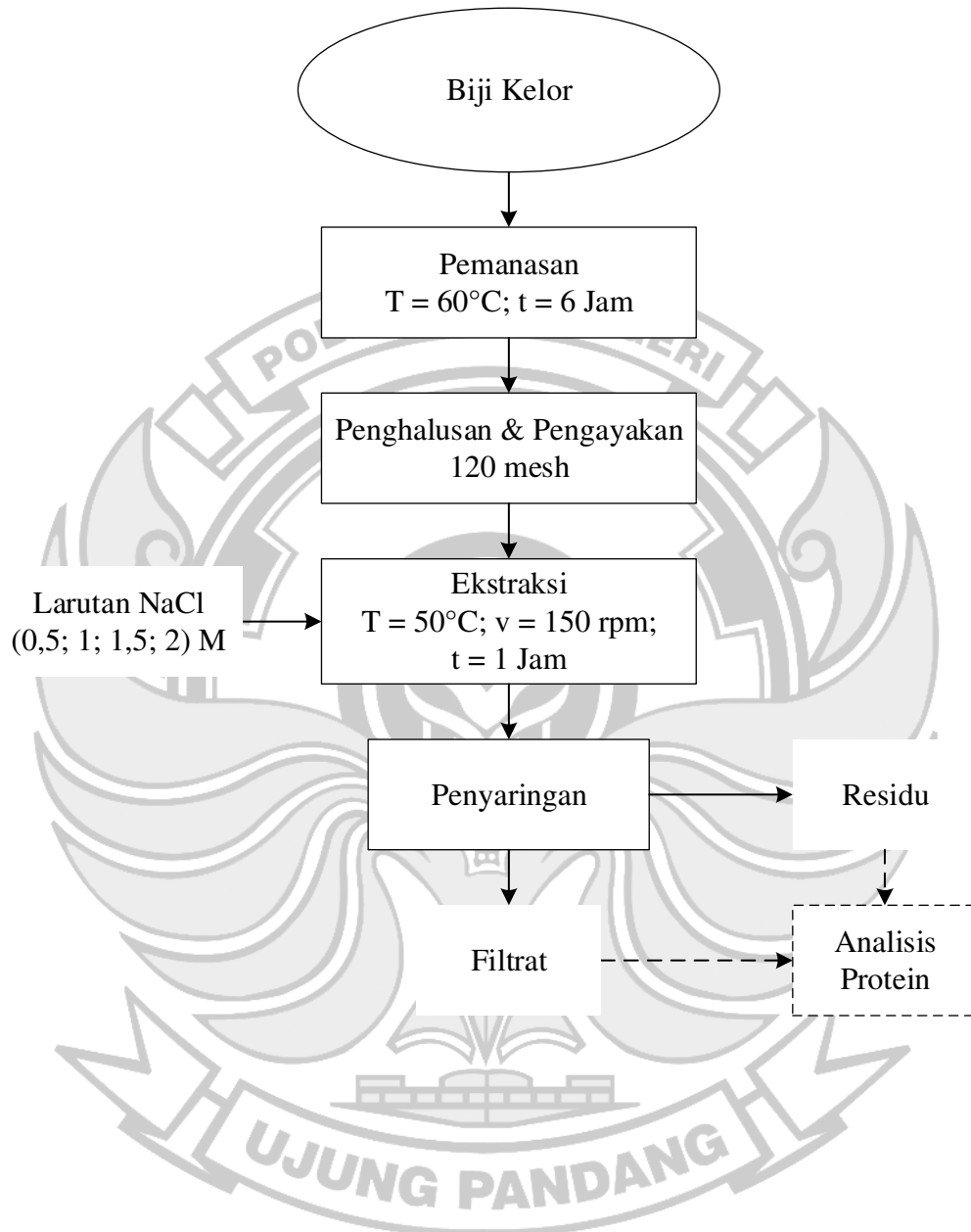
Rasyid, R., Wildian, & Hendrizon, Y. (2013). Uji Sensitivitas Sudut Hamburan Kekeruhan Air Bersih Dari Rancang Bangun Alat Ukur Nephelometer. *Prosiding Semirata*, 4, 345–348.

Ritonga, H. (2021). *Pengolahan Air Terproduksi Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Lidah Buaya (Aloe Vera) Dan Biji Kelor (Moringa Oleifera)*.

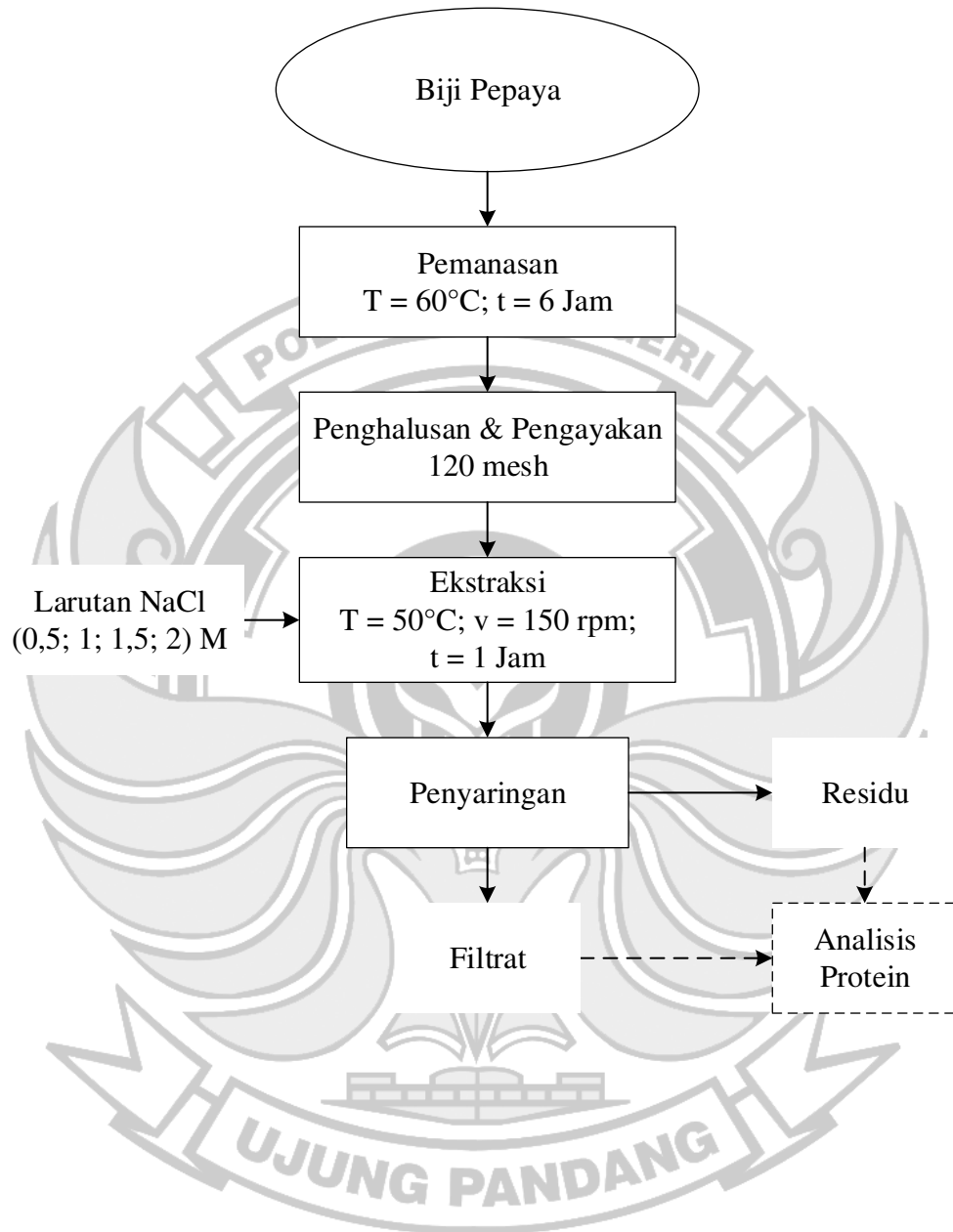
Salsabila, U. (2018). Perbedaan Penurunan Chemical Oxygen Demand (Cod) Melalui Pemberian Tawas Dan Poly Aluminium Chloride (Pac) Pada

- Limmbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Penggaron Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (E-Journal)*, 6(4), 525–531.
- Sami, M. (2016). Penyisihan Cod, Tss, Dan Ph Dalam Limbah Cair Domestik Dengan Metode Fixed-Bed Column Up Flow. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.30811/jstr.v10i1.156>
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). Bahaya Limbah Cair Tahu Bagi Lingkungan. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 01(01), 1689–1699.
- Setyawati, H., LA, S. S., & Andjar Sari, S. (2019). Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu Di Sentra Industri Tahu Kota Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 21–31. <https://doi.org/10.36040/industri.v8i1.669>
- SNI. (2000). *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi Dengan Cara Jar*. 1–7.
- SNI 06-6989.25-2005. (2005). Standar Nasional Indonesia. Air Dan Air Limbah – Bagian 25 : Cara Uji Kekeruhan Dengan Nefelometer. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–5.
- SNI 6989.15-2019. (2019). Standar Nasional Indonesia. Air Dan Air Limbah: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi. *Sni*, 6989.2, 1–16.
- Sunarno, Kasiyati, & Djaelanii, Muhammad Anwarrossida, K. F. P. (2019). Pengaruh Imbuhan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lam.) Dalam Pakanpada Kandungan Protein Dan Kolesterol Telur Itik Pengging (*Anas Platyrhyncos Domesticus* L.). *Jurnal Biologi Tropika*, 2(2), 41–47. Cybex.Pertanian.Go.Id/Mobile/Artikel/71079/Manfaat-Bayam-Syarat-Tumbuh--Dan--Cara-Mudah-Untuk-Menanamnya-Di-Lahan-Yang-Sempit/
- Tarigan, M. S., & . E. (2010). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Of Science Series*, 7(3). <https://doi.org/10.7454/mss.v7i3.362>
- Utami Prasetyaningtyas, F., Rumhayati, B., & Masruri, M. (2013). Application Of *Moringa Oleifera* Seed Powder For Iron (III) Coagulation On Local Water Resources. *The Journal Of Pure And Applied Chemistry Research*, 2(3), 122–125. <https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2013.002.03.159>

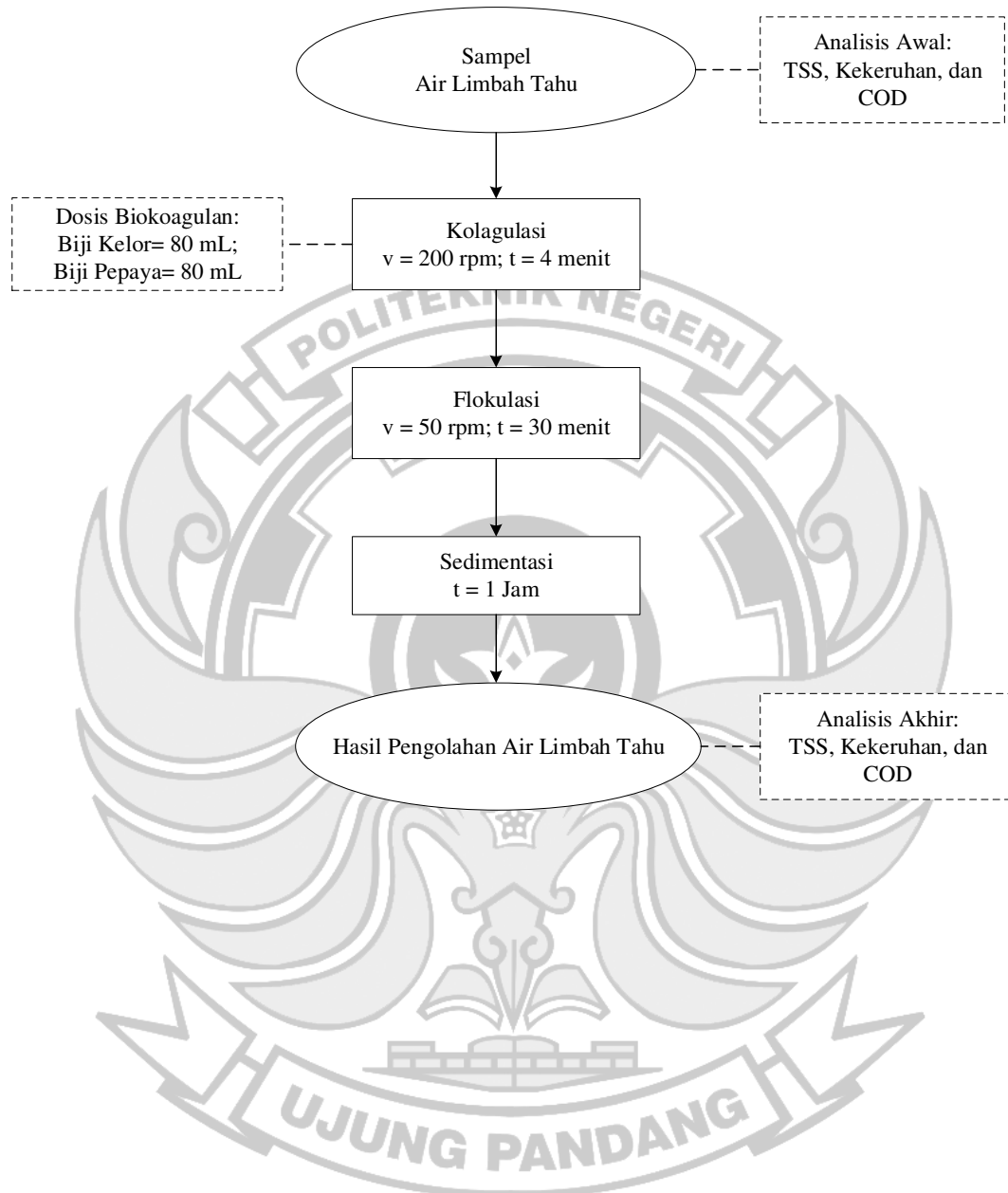
Lampiran 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biokoagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)



Lampiran 2. Diagram Alir Proses Pembuatan Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica pepaya L.*)



Lampiran 3. Diagram Alir Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu



Lampiran 4. Data Perhitungan

1. Pembuatan Konsentrasi Larutan NaCl

1.1 Larutan NaCl 0,5 M

Diketahui: Mr NaCl = 58,5 gr/mol

V larutan = 1000 mL (1 L)

Ditanya: Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 0,5 M dalam 1 L?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl (n)} &= M \times V \\ &= 0,5 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 0,5 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= n \times \text{Mr} \\ &= 0,5 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} \\ &= 29,25 \text{ g}\end{aligned}$$

1.2 Larutan NaCl 1 M

Diketahui: Mr NaCl = 58,5 gr/mol

V larutan = 1000 mL (1 L)

Ditanya: Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 1 M dalam 1 L?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl (n)} &= M \times V \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 1 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= n \times \text{Mr} \\ &= 1 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} \\ &= 58,5 \text{ g}\end{aligned}$$

1.3 Larutan NaCl 1,5 M

Diketahui: Mr NaCl = 58,5 gr/mol

$$V \text{ larutan} = 1000 \text{ mL (1 L)}$$

Ditanya: Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 1,5 M dalam 1 L?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl (n)} &= M \times V \\ &= 1,5 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 1 \text{ mol} \\ \text{Massa NaCl} &= n \times \text{Mr} \\ &= 1,5 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} \\ &= 87,75 \text{ g}\end{aligned}$$

1.4 Larutan NaCl 2 M

Diketahui: Mr NaCl = 58,5 gr/mol

$$V \text{ larutan} = 1000 \text{ mL (1 L)}$$

Ditanya: Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 2 M dalam 1 L?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl (n)} &= M \times V \\ &= 2 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \text{ mol} \\
 \text{Massa NaCl} &= n \times Mr \\
 &= 2 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} \\
 &= 117 \text{ g}
 \end{aligned}$$

2. Analisis Protein metode Kjehdal

2.1 Tanpa ekstraksi

Diketahui: Berat masing-masing sampel yang ditimbang;

Biji Kelor : 1,0089 gram = 1009 mg

Biji Pepaya : 1,0049 gram = 1005 mg

Volume titrasi HCl 0,1 N yang digunakan;

Biji Kelor : 52,5 ml

Biji Pepaya : 32,9 ml

Blanko : 0,2 ml

Ditanya: Berapa kadar protein biji kelor dan biji pepaya?

Penyelesaian:

1. Menentukan kadar Nitrogen dari setiap sampel

Untuk sampel biji kelor:

$$\text{Kadar N} = \frac{(52,5 \text{ ml} - 0,2 \text{ ml}) \times 0,1 \text{ N} \times 14,008}{1009 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N} = \frac{73,261}{1009} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N} = 7,26\%$$

Untuk sampel biji pepaya:

$$\text{Kadar N} = \frac{(32,9 \text{ ml} - 0,2 \text{ ml}) \times 0,1 \text{ N} \times 14,008}{1005 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N} = \frac{45,806}{1005 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N} = 4,55\%$$

2. Menentukan kadar protein dari setiap sampel

Untuk sampel biji kelor:

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein (\%)} &= \%N \times \text{Faktor konversi N} \\ &= 7,26\% \times 6,25 \\ &= 45,35\% \end{aligned}$$

Untuk sampel biji pepaya:

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein (\%)} &= \%N \times \text{Faktor konversi N} \\ &= 4,55\% \times 6,25 \\ &= 28,44\% \end{aligned}$$

2.2 Setelah ekstraksi

Tabel 6.1 Hasil perhitungan kandungan protein pada biokoagulan setelah ekstraksi

Konsentrasi (M)	Pepaya (%)				Kelor (%)			
	Residu		filtrat		Residu		Filtrat	
	Nitrogen	Protein	Nitrogen	Protein	Nitrogen	Protein	Nitrogen	Protein
0,5	1,13	7,05	3,90	24,39	3,89	24,34	4,17	26,09
1	1,55	9,71	4,61	28,80	2,49	15,58	6,98	43,60
1,5	1,48	9,28	4,17	26,09	2,69	16,81	6,37	39,84
2	2,35	14,71	4,01	25,04	2,47	15,41	6,11	38,17

3. Analisa TSS

$$\text{TSS} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_0 : berat awal (mg)

W_1 : berat akhir (mg)

V : volume contoh uji (mL)

1000 : konversi mililiter ke liter (ml/L)

3.1 Sampel Awal

Diketahui: $W_0 = 895,4 \text{ mg}$

$W_1 = 957,2 \text{ mg}$

$V = 25 \text{ ml}$

Ditanya: Berapa kandungan TSS pada sampel awal limbah tahu?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(957,2 - 895,4) \text{ mg} \times 1000 \text{ mL/L}}{25 \text{ mL}} \\ &= 2472 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk sampel lainnya

Tabel 6.2 Hasil perhitungan TSS pada Biokoagulan

Konsentrasi Larutan Pengekstrak NaCl (M)	Biokoagulan Biji Pepaya			Biokoagulan Biji Kelor		
	Berat Awal (mg)	Berat Akhir (mg)	TSS (mg/L)	Berat Awal (mg)	Berat Akhir (mg)	TSS (mg/L)
0,5	999,6	1050,2	2024	948,5	996,4	1916
0,5	915,9	953,3	1496	873	916,6	1744
1	878,8	912,9	1364	804,9	825,1	808
1	902,1	950,3	1928	933,6	952,6	760
1,5	894,9	942,2	1892	966,6	1000,5	1356
1,5	904,5	956,9	2096	986,8	1024,1	1492
2	908,1	962	2156	981,4	1035	2144
2	855,4	912,3	2276	952,1	1005,8	2148

3.2 Menghitung Efektivitas

$$\% \text{ Removal} = \frac{\text{sampel awal} - \text{sampel akhir}}{\text{sampel awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

% removal = efisiensi penurunan

Diketahui: TSS sampel awal = 2472 mg/L

TSS sampel akhir = 1760 mg/L

Ditanya: Berapa efisiensi penurunan TSS pada sampel biokoagulan pepaya dengan konsentrasi larutan pengestrak (NaCl) 0,5 M?

Penyelesaian:

$$\% P = \frac{\text{sampel awal} - \text{sampel akhir}}{\text{sampel awal}} \times 100\%$$
$$\% P = \frac{(2472 - 1760) \text{ mg/L}}{2472 \text{ mg/L}} \times 100\% = 28,80\%$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk sampel lainnya

1. Biokoagulan Biji Pepaya

Tabel 6.3 Hasil perhitungan penurunan TSS pada biokoagulan biji pepaya

TSS Awal Sampel Air Limbah tahu (mg/L)	Konsentrasi Larutan Pengestrak (NaCl) koagulan Biji Pepaya (M)	Penurunan TSS Air Limbah (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Persentase Penurunan TSS %
		Ulangan I	Ulangan II		
2472	0,5	2024	1496	1760	28,80
	1	1364	1928	1646	33,41
	1,5	1892	2096	1994	19,34
	2	2156	2276	2216	10,36

2. Biokoagulan Biji Kelor

Tabel 6.4 Hasil perhitungan penurunan TSS pada biokoagulan biji kelor

TSS Awal Sampel Air Limbah tahu (mg/L)	Konsentrasi Larutan Pengestrak (NaCl) koagulan Biji Kelor (M)	Penurunan TSS Air Limbah (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Persentase Penurunan TSS %
		Ulangan I	Ulangan II		
2472	0,5	1916	1744	1830	25,97
	1	808	760	784	68,28
	1,5	1356	1492	1424	42,39
	2	2144	2148	2146	13,19

3. Tanpa Ekstraksi

Tabel 6.5 Hasil perhitungan penurunan TSS pada koagulan tanpa ekstraksi

Jenis koagulan (Bubuk)	Penurunan TSS Air Limbah (NTU)		Rata-rata	Persentase Penurunan TSS %
	Ulangan I	Ulangan II		
Pepaya	2308	2124	2216	10,36
Kelor	1976	1516	1746	21,97
Tawas	1628	1564	1596	35,44

4. Analisa kekeruhan

4.1 Biokoagulan Biji Kelor

Tabel 6.6 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada biokoagulan biji kelor

Kekeruhan Awal Sampel Air Limbah tahu (NTU)	Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) koagulan Biji kelor (M)	Penurunan Kekeruhan Air Limbah (NTU)		Rata-rata (NTU)	Persentase Penurunan Kekeruhan (%)
		Ulangan I	Ulangan II		
		803,5	0,5		
	1	102	235	168,5	79,03
	1,5	344	366	355	55,82
	2	368	391	379,5	52,77

4.2 Biokoagulan Biji Pepaya

Tabel 6.7 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada biokoagulan biji pepaya

Kekeruhan Awal Sampel Air Limbah tahu (NTU)	Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) koagulan Biji Pepaya (M)	Penurunan Kekeruhan Air Limbah (NTU)		Rata-rata (NTU)	Persentase Penurunan Kekeruhan (%)
		Ulangan I	Ulangan II		
		803,5	0,5		
	1	235	222	245	71,56
	1,5	269	221	235,5	69,51
	2	252	221	236,5	70,57

4.3 Tanpa Ekstraksi

Tabel 6.8 Hasil perhitungan penurunan kekeruhan pada koagulan tanpa ekstraksi

Sampel	Ulangan I (NTU)	Ulangan II (NTU)	Rata-Rata (NTU)	Persentase Penurunan (%)
Awal	829	778	803,5	-
Bubuk Kelor	435	391	413	48,60
Bubuk Pepaya	640	631	635,5	20,91
Tawas	453	477	465	42,13

5. Analisa COD

5.1 Standarisasi larutan FAS

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(V1).(N1)}{V2}$$

Dengan pengertian:

V1 = Volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan (mL)

V2 = Volume larutan FAS yang dibutuhkan (mL)

N1 = Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

Dari penelitian yang dilakukan,

$$\begin{aligned} \text{Normalitas FAS} &= \frac{(V1).(N1)}{V2} \\ &= \frac{(5 \text{ ml}).(0,25 \text{ N})}{6,5 \text{ ml}} \\ &= 0,192 \text{ N} \end{aligned}$$

5.2 Penentuan kadar COD

$$\text{Nilai COD (mg/L } O_2) = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{Vol. sampel}}$$

Dengan pengertian:

A = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (mL)

B = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh/sampel (mL)

V = Volume sampel (ml)

Berikut perhitungan kadar COD pada penelitian ini

Titrasi Blanko = 4,3 ml

1. Sampel Awal

Diketahui: $W_0 = 4,3 \text{ ml}$

$W_1 = 2,8 \text{ ml}$

N FAS = 0,192 N

Fk = 100

Sampel uji = 10 ml

Ditanya: Berapa kadar COD pada sampel awal limbah tahu?

Penyelesain:

$$\begin{aligned}\text{Nilai COD (mg/L O}_2) &= \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{mL uji contoh}} \times f_k \\ &= \frac{(4,3-2,95)\text{mL} \times 0,192 \text{ N} \times 8000}{10 \text{ mL}} \times 100 \\ &= 20736 \text{ mg/L O}_2\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk sampel lainnya:

Tabel 6.9 Hasil perhitungan COD pada biokoagulan

Faktor Pengenceran	Sampel	Konsentrasi NaCl (M)	Vol. Titrasi FAS (ml)		Rata-rata (mL)	Hasil COD (mg/L O ₂)
			Ulangan I	Ulangan II		
-	Blanko	-	4,3	4,3	4,3	-
	Awal	-	2,9	3	2,95	20736
100	Pepaya	0,5	3	3,4	3,2	16896
		1	3	3,6	3,3	15360
		1,5	3,7	2,8	3,25	16128

	2	3	3,3	3,15	17664
	0,5	3,3	3,5	3,4	13824
Kelor	1	3,7	4	3,85	6912
	1,5	3,5	3,8	3,65	9984
	2	3,5	3,7	3,8	10752

2. Hasil Titration Tanpa Ekstraksi

Tabel 6.10 Hasil perhitungan COD pada koagulan tanpa ekstraksi

Sampel	faktor pengenceran	Vol. Titration FAS (mL)		Rata-rata (ml)	Hasil COD
		Ulangan I	Ulangan II		
Pepaya		3,6	3,7	3,65	9984
Kelor	100	3,5	4	3,75	8448
Tawas		3,9	3,5	3,7	9216

5.3 Menghitung Efektivitas

Diketahui: COD sampel awal = 20736 mg/L O₂

COD sampel akhir = 16896 mg/L O₂

Ditanya: Berapa efisiensi penurunan COD pada sampel biokoagulan pepaya dengan konsentrasi larutan pengekstrak (NaCl) 0,5 M?

Penyelesaian:

$$\% P = \frac{COD \text{ sampel awal} - COD \text{ sampel akhir}}{COD \text{ sampel awal}} \times 100\%$$

$$\% P = \frac{(20736 - 16896) \text{ mg/L}}{20736 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$= 16,67\%$$

Tabel 6. 11 Hasil perhitungan penurunan COD

COD Awal Sampel Air Limbah tahu (mg/l)	Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) koagulan (M)	Biokoagulan Biji Kelor		Biokoagulan Biji pepaya		Koagulan Tawas	
		Nilai COD (mg/l)	Efektivitas (%)	Nilai COD (mg/l)	Efektivitas (%)	Nilai COD (mg/l)	Efektivitas (%)

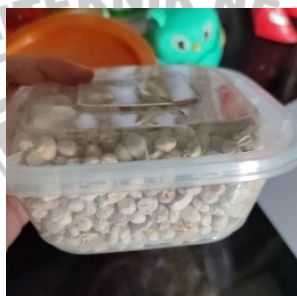
	Tanpa ekstraksi	8448	59,26	9984	51,9	9216	55,56
23040	0,5	13824	33,33	16896	18,52	-	-
	1	6912	66,67	15360	25,93	-	-
	1,5	9984	51,85	16128	22,22	-	-
	2	10752	48,15	17664	14,81	-	-

Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan

Pembuatan Biokoagulan Biji Kelor



Larutan NaCl dengan variasi konsentrasi (0,5; 1; 1,5; 2) M



Biji kelor



Pemanasan dan pengeringan biji kelor pada suhu 50°C



Penghalusan biji kelor menggunakan blender



Pengayakan menggunakan alat *Seiving* 125 mesh



Ekstraksi bubuk kelor menggunakan larutan NaCl pada $v = 150$ rpm; $T = 50^\circ\text{C}$; $t = 1$ Jam



Penyaringan untuk memisahkan residu dan filtrat



Filtrat hasil ekstraksi biji kelor



Residu hasil ekstraksi biji kelor

Dokumentasi Pembuatan Biokoagulan Biji Pepaya



Larutan NaCl dengan konsentrasi (0,5; 1; 1,5; 2) M



Biji Pepaya



Pemanasan dan pengeringan biji pepaya pada suhu 50°C



Penghalusan biji pepaya menggunakan blender



Pengayakan menggunakan alat *Seiving* 125 mesh



Ekstraksi bubuk pepaya menggunakan larutan NaCl pada $v = 150 \text{ rpm}$; $T = 50^\circ\text{C}$; $t = 1 \text{ Jam}$



Penyaringan untuk memisahkan residu dan filtrat



Filtrat hasil ekstraksi biji pepaya



Residu hasil ekstraksi biji pepaya

Dokumentasi Pengujian Kadar Protein dengan Metode Kjeldahl



Proses destruksi filtrat hasil ekstraksi

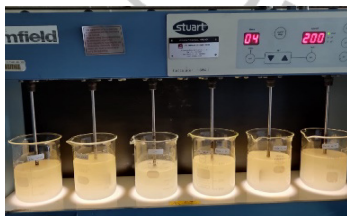


Proses destilasi hasil destruksi

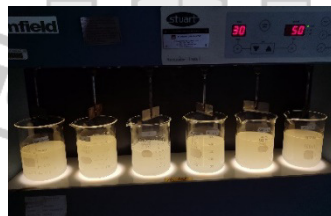


Proses titrasi dengan menggunakan larutan HCL 0,1 N

Dokumentasi Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode Jar test



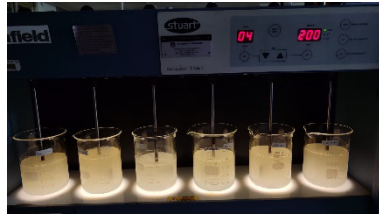
Proses pengadukan cepat
 $v = 200 \text{ rpm}$; $t = 4 \text{ min}$



Proses pengadukan lambat
 $v = 50 \text{ rpm}$; $t = 30 \text{ min}$



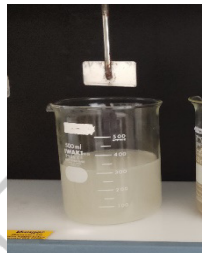
Proses sedimentasi
 $t = 1 \text{ Jam}$



Proses jar test pada biokoagulan biji kelor



Proses jar test pada biokoagulan biji pepaya



Sample sebelum pengolahan menggunakan Jar Test



Sample setelah pengolahan menggunakan Jar Test

Dokumentasi Analisis TSS



Penyaringan sampel dengan menggunakan kertas saring whatman



Pemanasan sampel di dalam oven pada suhu 105°C



Penimbangan sampel

Dokumentasi Analisis Turbiditas



Pengujian kekeruhan
menggunakan alat
Turbidimeter

Dokumentasi Analisis COD



Proses refluks terbuka



Proses titrasi dengan
menggunakan larutan FAS