

**KEMAMPUAN BIOKOAGULAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) UNTUK
MENURUNKAN KADAR TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR RPH
KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

NADIA SHAHIRA

NIM. 180702125

Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/ 1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

**KEMAMPUAN BIOKOAGULAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
UNTUK MENURUNKAN KADAR TSS DAN COD PADA LIMBAH
CAIR RPH KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
NADIA SHAHIRA
NIM.180702125

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, Juni 2023
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901


Febrina Arfi, M.Sc
NIDN. 2021028601

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN.2009118301

LEMBAR PENGESAHAN

**KEMAMPUAN BIOKOAGULAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) UNTUK
MENURUNKAN KADAR TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR RPH
KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Jumat, 16 Juni 2023
27 Dzulqa'dah 1444

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

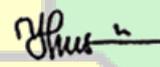

Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901


Febrina Arfi, M.Si
NIDN. 2021028601

Penguji I,

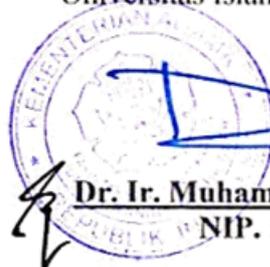
Penguji II,


Yeggi Darnas, M.T
NIDN. 2020067905


Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU.
NIP. 19210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Nadia Shahira
NIM : 180702125
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Kemampuan biokoagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*)
untuk menurunkan kadar TSS, COD dan kekeruhan
pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 30 Juni 2020
Yang membuat pernyataan,



Nadia Shahira
NIM. 180702125

ABSTRAK

Nama : Nadia Shahira
Nim : 180702125
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Kemampuan biokoagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) untuk menurunkan kadar TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh
Tanggal sidang : 16 Juni 2023
Jumlah Halaman : 88
Pembimbing I : Arief Rahman, M.T.
Pembimbing II : Febrina Arfi, M. Si.
Kata kunci : Limbah cair RPH, biokoagulan biji kelor, koagulasi- flokulasi, TSS, COD

Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) termasuk golongan limbah organik, karena berasal dari sisa limbah pemotongan hewan, limbah ini dapat menyebabkan pencemaran jika tidak dilakukan pengolahan dengan baik. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair RPH adalah dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan biji kelor. Biokoagulan dapat menurunkan nilai kekeruhan air dikarenakan adanya agen aktif yakni protein kationik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biokoagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) dan pengaruh variasi kecepatan pengadukan dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH. Penelitian ini menggunakan variasi dosis yaitu 0 g; 0,5 g; 1,5 g; 2 g; 2,5 g dan 3 g untuk setiap 1 liter limbah cair RPH dengan variasi pengadukan cepat 120 Rpm dan 150 Rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 30 Rpm selama 30 menit lalu diikuti pengendapan selama 60 menit. Hasil menunjukkan dosis optimum TSS pada biokoagulan 2,5 gram pada pengadukan 120/30 Rpm adalah sebesar 80,36%, dan pada dosis 2,5 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 89,6%. Dosis optimum COD adalah pada pembubuhan biokoagulan 2 gram dengan pengadukan 120/30 Rpm efisiensi penurunan sebesar 93,97%, dan pada dosis 1 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 93,81%. Sedangkan dosis optimum untuk kekeruhan adalah 1 gram pada pengadukan 120/30 Rpm sebesar 99,24%, dan pada dosis 1 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 99,07%. Hal ini menunjukkan bahwa koagulan dari biji kelor (*Moringa oleifera*) mampu menurunkan parameter TSS, COD, dan kekeruhan pada limbah cair Rumah Potong Hewan.

ABSTRACT

Name : Nadia Shahira
Nim : 180702125
Department : Environmental Engineering
Title : *Ability of Biokoagulan Moringa Seeds (Moringa oleifera) in reducing TSS, Cod and turbidity levels at slaughterhouse liquid waste in Banda Aceh.*
Trial date : 16 June 2023
Number of pages : 88
Advisor I : Arief Rahman, M.T.
Advisor II : Febrina Arfi, M.Si.
Keywords : *RPH wastewater, moringa seed biocoagulant, coagulation-flocculation, TSS, COD*

Slaughterhouse liquid waste is classified as organic industrial waste, because it comes from unused animal slaughter residues that cause the pollution if not treated properly. With proper processing, one of the alternatives for slaughterhouse wastewater treatment is coagulation–flocculation using moringa seeds. Biocoagulant moringa seeds can reduce the turbidity value of water due to the presence of active agents, namely cationic proteins. This study aims to determine the ability of biocoagulant moringa seeds (Moringa oleifera) and the effect of variations in stirring speed in reducing the parameters TSS, COD and turbidity in abattoir wastewater, in this study the dose variation used was 0 g; 0.5g; 1.5g; 2g; 2,5 g and 3 g of 1 liter of slaughterhouse wastewater with variations of stirring speed 120 Rpm and 150 Rpm for 2 minutes followed by slow stirring at 30 Rpm for 30 minutes. The results showed that the optimum dose of TSS at 2.5 gram biocoagulant at 120/30 Rpm stirring was 80.36%, and at 2.5 gram dose for 150/30 Rpm stirring was 89.6%. The optimum dose of COD was at the addition of 2 grams of biocoagulant with stirring at 120/30 Rpm the reduction efficiency was 93.97%, and at a dose of 1 gram for stirring at 150/30 Rpm it was 93.81%. While the optimum dose for turbidity is 1 gram at 120/30 Rpm stirring of 99.24%, and at a dose of 1 gram for 150/30 Rpm stirring is 99.07%. Based on this research shows the coagulant from Moringa seeds (Moringa oleifera) able to reduce the parameters of TSS, COD, and turbidity in the liquid waste of the Slaughterhouse.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim dengan memanjatkan puji hanya bagi Allah Swt. Sang pencipta, yang menciptakan langit dan bumi, serta memberikan *taufik, hidayah*, dan rahmat kepada manusia setiap saat. Selawat dan salam kita haturkan kepada pemuda revolusioner Nabi Besar Muhammad saw. yang kaya ilmu, suci hati, dan suri tauladan bagi umat manusia. Dengan karunia dan hidayah Allah Swt. penulis dapat menyusun Tugas Akhir berjudul “Kemampuan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Biokoagulan untuk menurunkan Kadar TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh”.

Tugas akhir ini telah penulis susun dengan doa dan dukungan Ibu Syarifah Faizah, SKM dan Bapak Alm. Muhammad Dahlan selaku orang tua penulis dan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Gunawan Suwarjana, S.TP. selaku Kepala UPTD Rumah Pemotongan Hewan Kota Banda Aceh.
4. Bapak Heriansyah, S.P. selaku Kepala Sub Bagian Tata Usaha Rumah pemotongan Hewan Kota Banda Aceh
5. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya
7. Bapak Arief Rahman S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

8. Ibu Febrina Arfi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah banyak memberi masukan dan bimbingannya dalam penulisan Tugas Akhir ini.
9. Bapak/ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya.
10. Nazira ulfa S.Psi, Nabila Humaira S.Si, dan Najwa Aqina selaku kakak dan adik penulis yang telah banyak memberi motivasi kepada penulis.
11. Agus Munandar S.T, Afrilia Andreas, A'yuna Yasrah S.T, Helmi Yahya, Muhammad Saifan Alief, Mira Ulfa S.T, Riska Rahmayani S.T, Ulfa Kinanti S.T, Zakirul Rahmad S.T, yang telah banyak memberi inspirasi serta bantuan dan Seluruh teman teman Teknik Lingkungan Angkatan 18 yang sudah mendukung dan membantu selama pembuatan Tugas akhir
12. Rasi Agusna S.Pd, Nurrohmah S.Sos, Agustina, Nadya Fajarina, Rauzatul Jannah S.Sos dan seluruh teman teman RAKSA G22.
13. Seluruh Staf/Karyawan Dinas perpustakaan wilayah aceh, Smea premium Lamnyong, OEN kupa, Universitas kopi dan Arraniry Sport Center yang menjadi tempat penulis meluapkan dan mencari inspirasi dalam pembuatan tugas akhir.
14. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Akhir kata, penulis berharap Allah Swt. berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas UIN Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, Juni 2023
Penulis

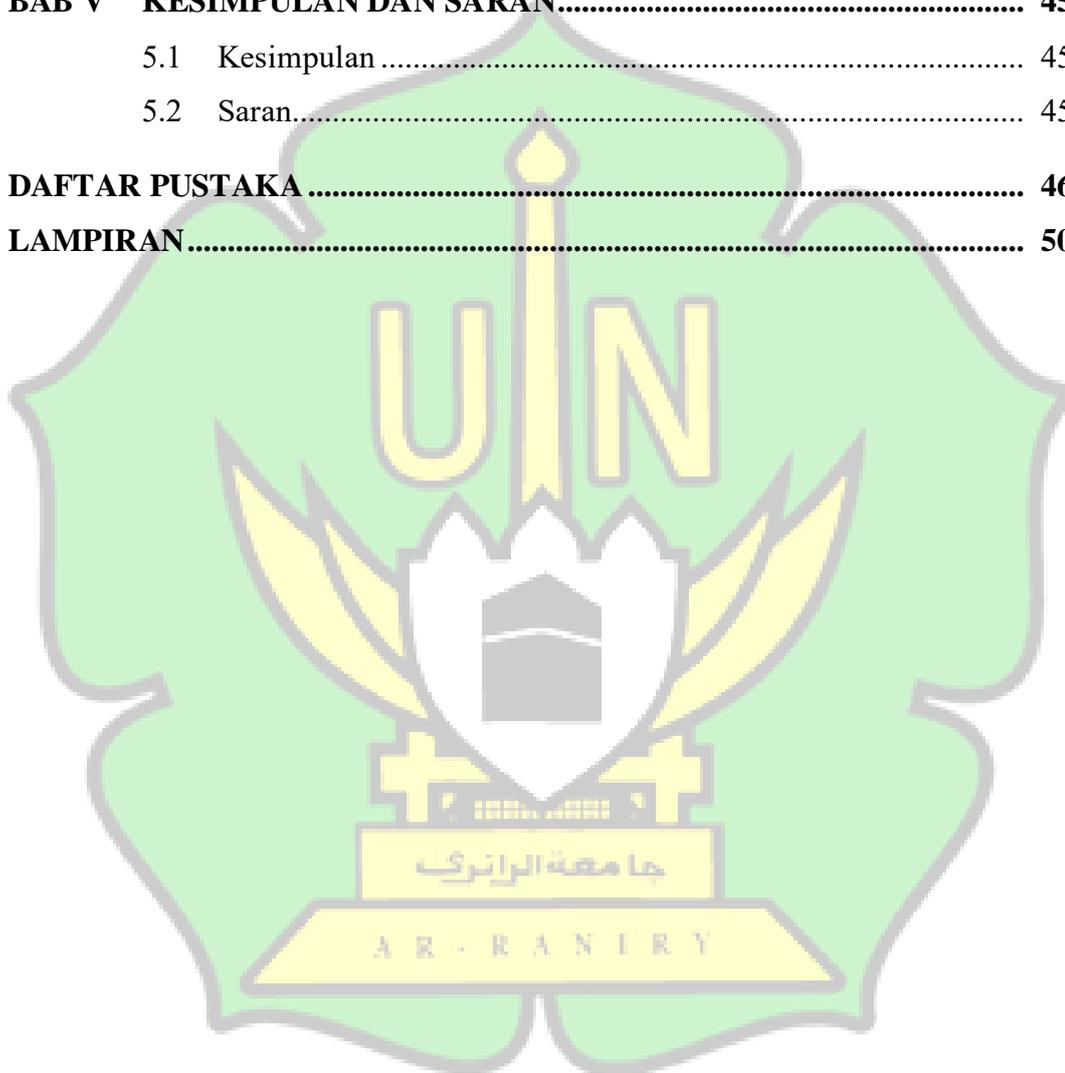
Nadia Shahira

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah Cair	6
2.2 Karakteristik Limbah Cair.....	6
2.2.1 Karakteristik fisik.....	7
2.2.2 Karakteristik kimia.....	8
2.3 Rumah Pemotongan Hewan.....	9
2.3.1 Definisi rumah pemotongan hewan.....	9
2.3.2 Kegiatan di rumah pemotongan hewan	9
2.3.3 Limbah cair rumah pemotongan hewan	11
2.3.4 Baku mutu limbah cair rumah pemotongan hewan.....	11
2.4 Pengolahan Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) .	12
2.5 Morfologi <i>Moringa Oleifera</i>	13

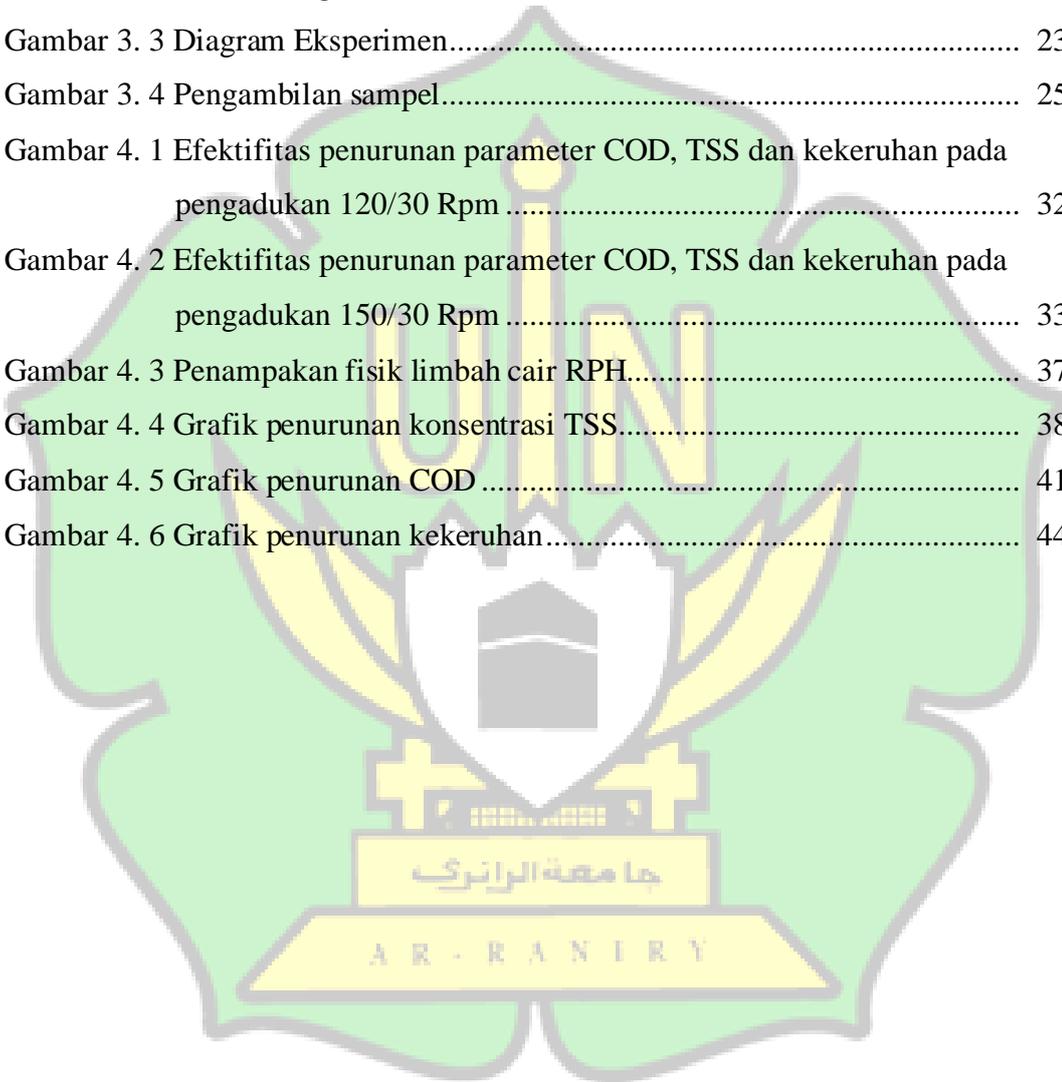
2.6	Kandungan dalam biji kelor (<i>Moringa Oleifera</i>) sebagai biokoagulan.....	14
2.7	Metode koagulasi-flokulasi.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Tahapan Umum	19
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2.1	Tempat pengambilan sampel.....	21
3.2.2	Waktu penelitian.....	21
3.3	Alat dan Bahan.....	22
3.2.1	Alat	22
3.2.2	Bahan.....	22
3.4	Tahapan Penelitian	22
3.5	Uji Pendahuluan.....	24
3.6	Variabel Penelitian	24
3.7	Metode Pengambilan Sampel.....	25
3.6	Pembuatan Koagulan Biji Kelor	25
3.7	Proses Koagulasi	25
3.8	Pengukuran TSS (Total Suspended Solid).....	26
3.9	Pengujian Kekeruhan.....	27
3.10	Pengujian COD	28
3.11	Analisis Parameter	28
3.12	Analisis Data	28
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Sebelum Dilakukan Pengolahan	30
4.2	Pembahasan.....	31
4.3	Pengaruh Koagulan Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Terhadap Perubahan Nilai pH pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan	33
4.4	Pengaruh Koagulan Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Terhadap Perubahan Nilai TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan	35

4.5	Pengaruh Koagulan biji kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Terhadap Perubahan Nilai COD pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan	39
4.6	Pengaruh Biokoagulan biji kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Terhadap Perubahan Nilai kekeruhan pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	50



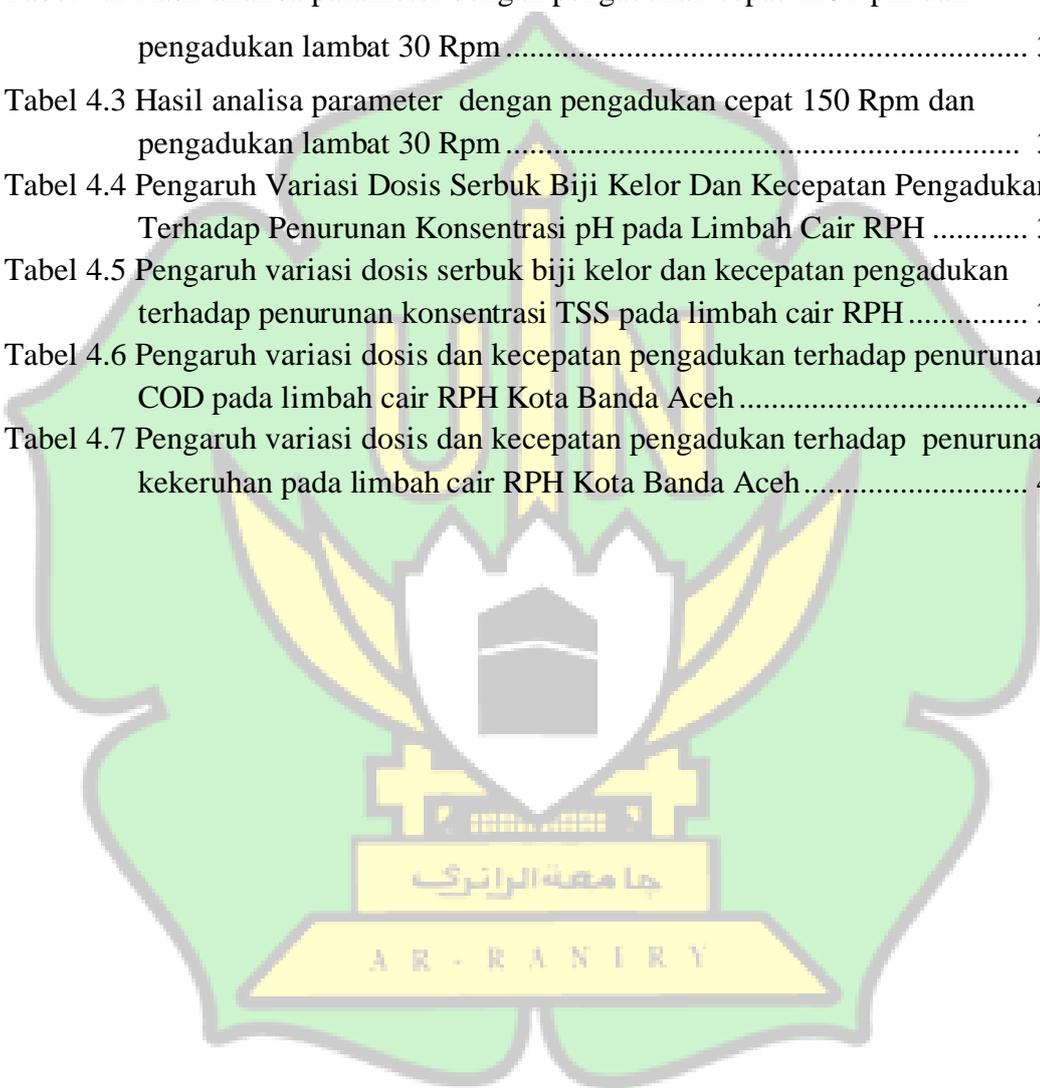
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegiatan di Rumah Potong Hewan.....	10
Gambar 2.2 Morfologi Tumbuhan kelor.....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3. 2 Lokasi Pengambilan Limbah cair Cair UPTD RPH Banda Aceh ...	21
Gambar 3. 3 Diagram Eksperimen.....	23
Gambar 3. 4 Pengambilan sampel.....	25
Gambar 4. 1 Efektifitas penurunan parameter COD, TSS dan kekeruhan pada pengadukan 120/30 Rpm	32
Gambar 4. 2 Efektifitas penurunan parameter COD, TSS dan kekeruhan pada pengadukan 150/30 Rpm	33
Gambar 4. 3 Penampakan fisik limbah cair RPH.....	37
Gambar 4. 4 Grafik penurunan konsentrasi TSS.....	38
Gambar 4. 5 Grafik penurunan COD	41
Gambar 4. 6 Grafik penurunan kekeruhan.....	44



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Analisa awal Limbah Cair Rumah Potong Hewan	24
Tabel 3.3 Desain Eksperimen.....	26
Tabel 4.1 Hasil Uji Awal Parameter Limbah Cair RPH	30
Tabel 4.2 Hasil analisa parameter dengan pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm	31
Tabel 4.3 Hasil analisa parameter dengan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm	32
Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Dosis Serbuk Biji Kelor Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan Konsentrasi pH pada Limbah Cair RPH	34
Tabel 4.5 Pengaruh variasi dosis serbuk biji kelor dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan konsentrasi TSS pada limbah cair RPH.....	36
Tabel 4.6 Pengaruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan COD pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh.....	40
Tabel 4.7 Pengaruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Eksperimen.....	50
Lampiran 2. Perhitungan TSS	53
Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas penurunan parameter TSS,COD dan Turbiditas	56
Lampiran 4. Baku Mutu	58
Lampiran 5. Metode Pengujian Berdasarkan SNI.....	60



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Potong Hewan merupakan salah satu industri yang saat ini dituntut untuk berkembang dikarenakan permintaan bahan baku untuk industri daging sapi yang terus meningkat telah menyebabkan industri Rumah Potong Hewan (RPH) ikut berkembang sehingga harus menaikkan kapasitas produksi, dan menjaga daging produksi yang berkualitas aman, sehat, utuh, dan halal (ASUH). Besarnya angka pemotongan ternak berarti ada peningkatan limbah yang dihasilkan yang dapat menyebabkan kerusakan dan makin merosotnya kualitas hidup. (Susanawati dkk., 2015).

Rumah potong hewan menghasilkan limbah padat dan limbah cair yang menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan bila tidak dilakukan pengolahan dengan cara yang baik, karena limbah RPH yang banyak mengeluarkan bau yang tidak sedap yang menyebabkan terganggunya pernapasan masyarakat setempat seperti, mual, kurang nafsu makan dan lain sebagainya (Putra dkk., 2022). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, limbah cair adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, pada umumnya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Jumlah ternak yang dipotong di RPH/TPH Provinsi Aceh tahun 2023, pada tahun 2020 angka pemotongan adalah 14.734.00, tahun 2021 sebesar 15.359.00, dan pada tahun 2022 sebanyak 13.583.00. Menurut Penelitian Saputra dkk., (2020) berdasarkan hasil uji karakteristik limbah cair di *inlet* dan *outlet*, data inlet menunjukkan limbah cair RPH menghasilkan limbah cair yang mengandung BOD 462,92 mg/L, COD 2,031,48 mg/L, dan TSS 270 mg/L. Sedangkan data *outlet* limbah cair RPH Kota Banda Aceh setelah melalui proses IPAL mengandung BOD 59,62 mg/L, COD 597,74

mg/L, TSS 281 mg/L. Nilai BOD *outlet* RPH telah memenuhi Baku Mutu dan aman dibuang ke lingkungan. Namun nilai COD dan TSS masih melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014.

Beberapa teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan air baik untuk keperluan RPH dan industri, antara lain koagulasi flokulasi, sedimentasi, filtrasi (media filter, membran, *cartridge filter*), adsorpsi, dan pertukaran ion (*ion-exchange*). Koagulasi-flokulasi merupakan teknologi konvensional yang umum digunakan pada pengolahan air, terutama pada tahap awal Pemilihan ini dikarenakan proses yang sederhana, mudah diaplikasikan, biaya relatif murah, dan mampu mengolah limbah hingga memenuhi baku mutu (Andiwijaya, 2018).

Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini. Koagulasi adalah proses penambahan koagulan ke dalam suatu larutan dengan tujuan untuk mengkondisikan suspensi, koloid, dan materi tersuspensi dalam persiapan proses lanjutan yaitu flokulasi. Flokulasi adalah proses pengumpulan partikel-partikel dengan muatan tidak stabil yang kemudian saling bertabrakan sehingga membentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar, juga dikenal dengan istilah partikel flokulan atau flok (Rusydi dkk., 2017).

Koagulan dapat dibedakan menjadi koagulan kimia dan koagulan alami. Koagulan kimia dalam penggunaannya sebagai penjernih air memiliki dampak negatif bagi lingkungan, salah satunya adalah menimbulkan limbah lumpur yang sulit untuk terdegradasi dan juga dapat menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan. Beberapa studi melaporkan bahwa senyawa alum dapat memicu penyakit Alzheimer dan juga memiliki sifat neurotoksisitas, sedangkan biokoagulan alami didapatkan dari bahan-bahan alam baik hewan maupun tumbuhan. Oleh karena itu, saat ini dikembangkan biokoagulan dengan bahan alami sebagai koagulan yang lebih ramah lingkungan, kombinasi biokoagulan perlu dilakukan agar mendapatkan hasil yang efektif dalam pengolahan limbah cair sehingga dapat meningkatkan kualitas limbah cair sebelum dibuang ke badan air, alternatif biokoagulan alami diantaranya kelor (*Moringa oleifera*), biji asam jawa (*Tamarindus indica*), jagung (*Zea mays*) dan flamboyan (*Delonix regia*) karena

bersifat *biodegradable*, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan mudah didapatkan. Dari beberapa alternatif koagulan yang dapat menurunkan kadar polutan pada limbah cair RPH ada beberapa yang mudah dijumpai disekitar seperti biji kelor (*Moringa oleifera*) (Aras & Asriani, 2021).

Biji kelor memiliki kandungan senyawa protein, alkali, karbohidrat dan vitamin. Biji kelor juga dapat digunakan sebagai penjernih air sekaligus koagulan dalam pengolahan limbah cair, biji kelor mengandung air sebesar 8,943%, abu 3,441%, protein 47,031%, serat 6,8%, minyak 25,5%, dan karbohidrat 8,285%. Biji kelor dapat menurunkan nilai kekeruhan pada limbah cair *laundry* dikarenakan adanya aktif agen yakni protein kationik. Hasil penelitian didapatkan bahwa biokoagulan biji kelor mempunyai kemampuan menurunkan kekeruhan hingga mencapai 83,63%, dan menurunkan angka COD lebih baik dibandingkan dengan FeSO₄ (Hermida dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian Nisa (2022) menunjukkan bahwa koagulan biji kelor pada limbah cair industri tahu mampu meningkatkan nilai pH pada dosis 20 g/L yaitu dari 2,8 menjadi 5,4. Penurunan pada COD dari 1.500 mg/L menjadi 711 mg/L pada dosis 15 g/L, untuk parameter TSS dari 387 mg/L menjadi 146 mg/L pada variasi dosis 10 g/L serta untuk parameter kekeruhan dari 908 NTU menjadi 122 NTU pada variasi dosis 10 g/L. Berdasarkan hasil penelitian, parameter yang memenuhi standar baku adalah TSS yang memperoleh penurunan maksimum sebesar 62,27% pada dosis 10 g/L yaitu 146 mg/L.

Berdasarkan penelitian Bangun dkk., (2019) tentang biokoagulan biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu diperoleh waktu pengendapan optimum 60 menit dengan penurunan turbiditas 77,43 %, TSS 90,32 %, dan COD 63,26 % sehingga dapat disimpulkan bahwa biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan yang efektif karena persentase penurunan yang diperoleh di atas 50 %.

Berdasarkan uraian di atas, pegujian kemampuan biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar TSS, COD, dan kekeruhan di UPTD RPH Kota Banda Aceh telah dilakukan dan hasil menunjukkan dosis optimum TSS pada biokoagulan 2,5 gram pada pengadukan 120/30 Rpm adalah

sebesar 80,36%, dan pada dosis 2,5 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 89,6%. Dosis optimum COD adalah pada pembubuhan biokoagulan 2 gram dengan pengadukan 120/30 Rpm efisiensi penurunan sebesar 93,97%, dan pada dosis 1 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 93,81%. Sedangkan dosis optimum untuk kekeruhan adalah 1 gram pada pengadukan 120/30 Rpm sebesar 99,24%, dan pada dosis 1 gram untuk pengadukan 150/30 Rpm adalah 99,07%. Penelitian ini diharapkan pemanfaatan biji kelor dapat digunakan dalam pengolahan limbah Rumah Potong Hewan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi dosis biokoagulan Biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan dari biokoagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi dosis biokoagulan Biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan Parameter TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan dari Biokoagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada limbah cair RPH.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagi Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kota Banda Aceh
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam pengolahan limbah cair RPH sehingga hasil parameter kualitas air limbahnya sesuai dengan baku mutu.
2. Bagi Masyarakat
Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi kepada masyarakat pengusaha ekspor sebagai alternatif bahan dasar pembuatan biokoagulan.
3. Bagi Peneliti
Hasil penelitian ini dapat meningkatkan pengetahuan, wawasan dan pengalaman yang dapat digunakan di tempat kerja.
4. Bagi Lingkungan
Hasil dari penelitian ini dapat menjadi literatur tambahan bagi penelitian berikutnya yang memanfaatkan limbah Biji Kelor (*Moringa oleifera*), sehingga dapat memanfaatkan biji kelor yang selama ini hanya menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan biokoagulan biji kelor pada penelitian ini didapatkan dari hasil persentase penurunan parameter COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair RPH kota Banda Aceh
2. Baku Mutu COD dan TSS pada penelitian ini merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Menurut PP No.101 Tahun 2014, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan limbah juga telah menjadi masalah lingkungan yang sangat serius sehingga harus dilakukan berbagai proses pengelolaan dan pengolahan sehingga limbah tersebut tidak berbahaya untuk dilepaskan ke lingkungan Berdasarkan wujudnya limbah terbagi 2 yaitu limbah cair dan limbah padat.

Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan usaha lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Kep-51/Menlh/10/1995).

Menurut Asmadi (2012) Limbah cair (*waste water*) merupakan cairan yang dibuang dari sisa kegiatan industri, perdagangan, rumah tangga, perkantoran, maupun tempat-tempat umum lainnya yang umumnya memiliki kandungan bahan-bahan atau zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta kelestarian lingkungan hidup. Ditinjau dari sumbernya limbah cair terbagi menjadi limbah organik dan anorganik.

a. Limbah cair organik

Limbah cair mengandung $\pm 75\%$ suspended solid (SS) dari padatan yang dapat disaring dalam bentuk zat organik, adapun beberapa bentuk senyawa organik dalam limbah cair antara lain adalah protein, minyak, lemak, karbohidrat, pestisida dan surfaktan (Sari Nina Devita, 2018)

b. Limbah cair Anorganik

Zat organik merupakan senyawa yang menyusun material tak hidup. Parameter zat anorganik yang terkandung di dalam limbah cair adalah pH, alkalinitas, logam, dan gas (Rahman dkk., 2020).

2.2 Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair dapat dibedakan berdasarkan karakteristik fisik, kimia dan biologi. Studi karakteristik limbah dilakukan untuk memahami sifat-sifat

limbah cair, konsentrasi serta tingkat pencemaran yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan (Wahyudi Agus, 2022).

2.2.1 Karakteristik fisik

Karakteristik fisik limbah cair erat kaitannya dengan estetika karena sifatnya yang mudah dilihat dan diidentifikasi secara langsung. Karakteristik fisik limbah cair meliputi:

1. Bau

Bau adalah salah satu indikator adanya pembusukan pada air limbah. Bau disebabkan oleh adanya bahan volatil gas terlarut dan hasil samping dari pembusukan bahan organik. Bau yang dihasilkan oleh adalah gas hasil peruraian kandungan zat organik dalam air limbah. Limbah cair industri berpotensi menghasilkan bau karena terdapatnya kandungan senyawa bau selama proses pengolahan limbah cair.

2. Temperatur

Temperatur pada air menentukan besarnya keberadaan spesies biologi dan tingkat aktivitas biologi seperti pertumbuhan dan reproduksi pada temperatur yang rendah akan menjadi lebih lambat. Sebaliknya aktivitas biologi juga akan meningkat jika suhu meningkat, suhu limbah cair biasanya lebih tinggi daripada air bersih.

3. Kepadatan (*Density*)

Menurut Tchobanoglous dalam Asmadi dan Suharno (2012). Densitas dapat memberikan informasi mengenai tingkat densitas limbah cair dalam bak sedimentasi maupun unit lain dalam instalasi pengolahan air limbah.

4. Warna

Warna merupakan karakteristik yang sangat mencolok pada limbah cair yang umumnya disebabkan oleh zat organik dan alga. Air murni tidak memiliki warna tetapi seringkali diwarnai oleh bahan asing, kekeruhan pada limbah cair dapat disebabkan karena berbagai macam *suspended solid* yang ada.

2.2.2 Karakteristik kimia

Karakteristik kimia merupakan sifat dari suatu zat yang bisa diamati saat mengalami reaksi kimia atau perubahan kimia. Karakteristik kimia dapat dilakukan dengan pengukuran sebagai berikut:

1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah Indikator yang digunakan untuk mengetahui zat organik dan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia disebut COD. Kadar COD dalam limbah cair biasanya lebih tinggi daripada kadar BOD karena senyawa kimia lebih banyak dioksidasi secara kimia daripada oksidasi secara biologi. Kadar COD yang tinggi dalam limbah cair mengindikasikan tingginya derajat pencemaran pada suatu perairan (Asmadi dan Suharno 2012).

2. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah Kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan zat-zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana disebut BOD. BOD merupakan parameter yang paling umum digunakan dalam mengukur kandungan zat organik di dalam limbah cair dimana membutuhkan waktu 5 hari, besarnya kadar BOD menunjukkan besarnya derajat pengotoran air limbah.

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan tidak larut yang menciptakan kekeruhan dalam air. Berdasarkan sifat fisik kualitas air didasarkan pada jumlah kandungan TSS pada dasarnya air akan menjadi keruh karena partikel di dalamnya sehingga perlunya penanganan dalam menangani kekeruhan air yang terjadi (Al Kholif, 2018)

4. Turbidity (Kekeruhan)

Kekeruhan merupakan penggambaran sifat optik air yang ditentukan berdasarkan cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan dapat mempengaruhi terjadinya gangguan respirasi, dapat menurunkan kadar oksigen dalam air dan terjadinya gangguan terhadap habitat (Syamsur, 2018)

2.3 Rumah Pemotongan Hewan

2.3.1 Definisi rumah pemotongan hewan

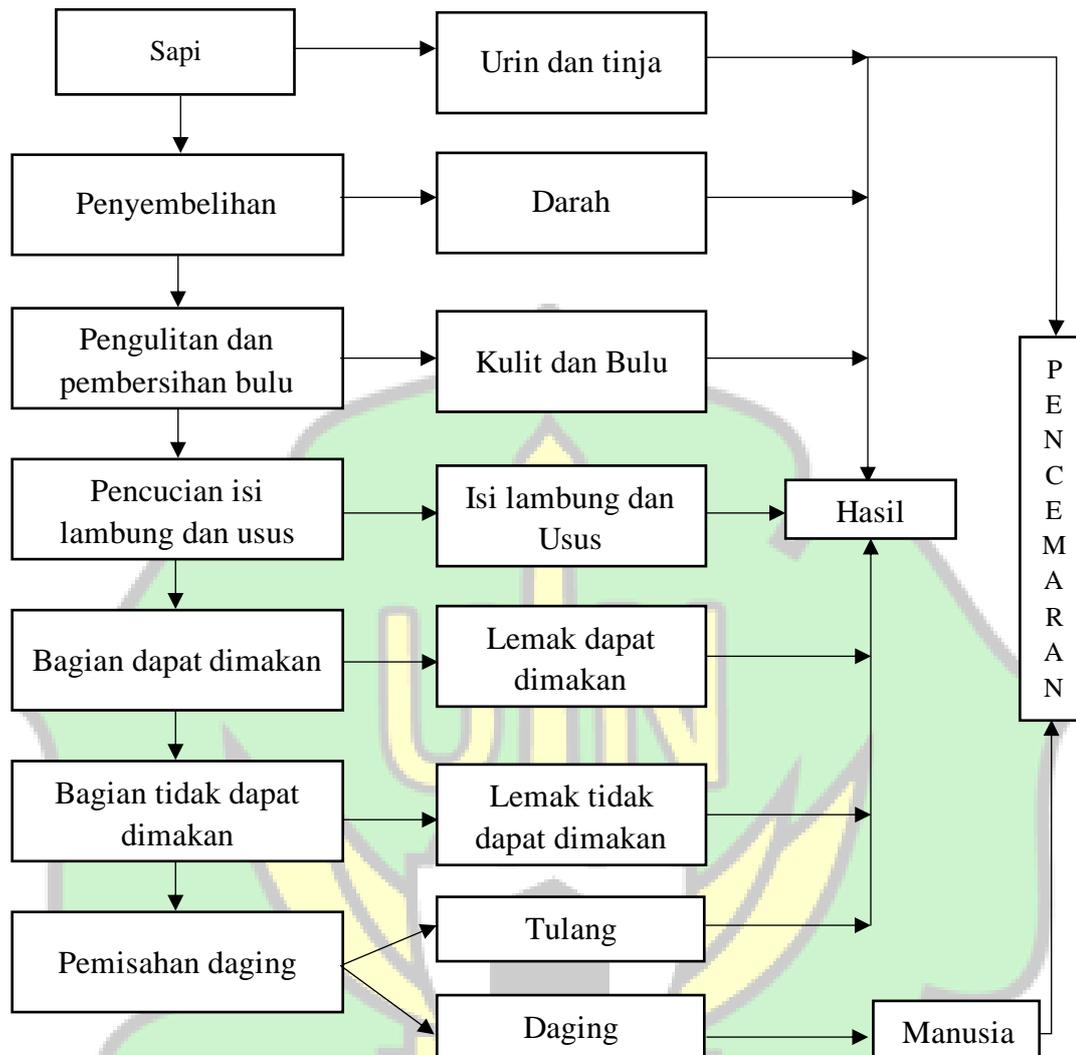
Rumah Pemotongan Hewan (RPH) adalah suatu bangunan atau kompleks bangunan dengan desain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu serta digunakan sebagai tempat pemotongan hewan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006). Fungsi RPH adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai sarana pelayanan masyarakat dalam usaha penyediaan daging yang sehat dan bermutu baik
- b. Alat untuk memantau kemungkinan terjadi kasus penyakit hewan menular
- c. Sebagai sumber pendapatan daerah melalui distribusi dan biaya potong hewan (SNI 01-6159-1999).

Usaha pemotongan daging dilakukan oleh RPH terbagi dalam 4 kelas A, B, C, dan D. Kelas A untuk penyediaan daging kebutuhan ekspor, kelas B untuk penyediaan kebutuhan daging antar Provinsi daerah tingkat I, kelas C untuk penyediaan daging kebutuhan antar Kabupaten atau Kotamadya daerah tingkat II dan kelas D untuk penyediaan daging di dalam wilayah Kabupaten atau Kotamadya daerah tingkat II yang bersangkutan.

2.3.2 Kegiatan di rumah pemotongan hewan

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006, usaha dan kegiatan Rumah Pemotongan Hewan meliputi pemotongan, pembersihan lantai tempat pemotongan, pembersihan kandang penampung, pembersihan kandang isolasi, pembersihan isi perut dan air sisa perendaman. Dari gambar 2.1. dapat diketahui alur kegiatan yang terdapat pada rumah pemotongan hewan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kegiatan di Rumah Potong Hewan

Sumber : Ensminger dalam Sianipar, 2006

Kegiatan yang dilakukan sebelum pemotongan adalah pemeliharaan sapi berupa pemberian makan, minum serta pembersihan kandang. Kemudian setelah itu adalah penyembelihan sapi. Kegiatan yang dilakukan setelah sapi disembelih adalah pengulitan dan pembersihan.

2.3.3 Limbah cair rumah pemotongan hewan

Limbah RPH yang berupa *feces urine*, isi rumen atau isi lambung, darah afkiran daging atau lemak, dan air cucian nya, dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Dalam proses pembusukannya di dalam air, mengakibatkan kandungan NH_3 dan H_2S di atas maksimum kriteria kualitas air, dan kedua gas tersebut menimbulkan bau yang tidak sedap serta dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan yang disertai dengan reaksi fisiologis tubuh berupa rasa mual dan kehilangan selera makan. Selain menimbulkan gas berbau busuk juga adanya pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebihan dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi biota air (Roihatin & Rizqi, 2009).

2.3.4 Baku mutu limbah cair rumah pemotongan hewan

Baku mutu limbah cair bagi kegiatan RPH merupakan ukuran batas atau kadar maksimum unsur pencemar yang keberadaannya dalam air limbah kegiatan RPH yang akan dibuang ke media lingkungan. Adapun tujuan baku mutu limbah cair bagi kegiatan RPH yaitu :

- a. menjaga dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup
- b. menurunkan beban pencemaran lingkungan melalui upaya pengendalian pencemaran dari kegiatan RPH.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak lemak	mg/L	25
NH3-N	mg/L	15
pH	-	6 – 9
Volume limbah cair paling tinggi untuk sapi, kerbau dan kuda: 1.5 m ³ /ekor/hari Volume limbah cair paling tinggi untuk kambing dan domba: 0.15 m ³ ekor/hari Volume limbah cair paling tinggi untuk babi: 0.65 m ³ /ekor/hari		

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah

2.4 Pengolahan Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Pengendalian pencemaran yang dikenal di masyarakat adalah menggunakan instalasi pengolahan limbah. Prinsip instalasi pengolahan limbah seperti sebuah sistem pabrik dimana tersedia sejumlah *input* untuk diolah menjadi *output*. Dalam pengolahan limbah, *input* adalah limbah sebagai bahan baku, kemudian *output* adalah limbah yang memenuhi syarat baku mutu (Yasin, 2018).

Pengolahan limbah menggunakan berbagai metode dan jenis tingkatan sedangkan penggunaannya tergantung pada jenis limbah yang diolah. Model instalasi pengolahan limbah tergantung pada jenis parameter pencemar, volume limbah yang diolah, syarat baku yang harus dipenuhi, kondisi lingkungan dan lain-lain. Tujuan pengolahan limbah cair adalah untuk memperbaiki kualitas air limbah, mengurangi BOD, COD dan partikel tercampur, menghilangkan bahan nutrisi dan komponen beracun, menghilangkan zat tersuspensi, mendekomposisi zat organik dan menghilangkan mikroorganisme patogen. Limbah cair RPH juga dapat diolah secara fisika dan kimia melalui proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan dengan memanfaatkan biji kelor sebagai biokoagulan alami. (Padmono, 2005)

2.5 Morfologi *Moringa Oleifera*

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang berasal dari dataran sepanjang India, Pakistan, Bangladesh dan Afghanistan. Kelor termasuk jenis tumbuhan perdu berumur panjang, dengan ketinggian 7-12 meter. Batangnya berkayu (*lignosus*), tegak, berwarna putih kotor, berkulit tipis dan mudah patah. Cabangnya jarang dengan arah percabangan tegak atau miring serta cenderung tumbuh lurus dan memanjang (Jannah, 2018)

Pohon kelor (*Moringa oleifera*) diketahui mengandung *polielektrolit kationik* dan flokulan alami dengan komposisi kimia berbasis polipeptida yang mempunyai berat molekul mulai dari 6000 sampai 16000 dalton, mengandung hingga 6 asam-amino terutama Asam Glutamat, Menthionin dan Arginin (Pandia,dkk., 2009).



Gambar 2.2 Morfologi Tumbuhan kelor

Sumber: (Setia & Wijayanti, 2019)

Tanaman kelor mempunyai nama latin *Moringa oleifera* dengan sistematik (taksonomi) tumbuhan, kedudukan tanaman kelor diklasifikasikan sebagai Kingdom *Plantae*, divisi *Magnoliopsida*, kelas *Magnoliopsida*, ordo *Brassicales*, suku *Moringaceae*, genus *Moringa*, dan spesies *Moringa oleifera* (Setia & Wijayanti, 2019)

A. Daun kelor

Daun kelor berbentuk bulat telur, bersirip tak sempurna, beranak daun gasal, tersusun majemuk dalam satu tangkai dan hanya sebesar ujung jari. Helaian daun kelor berwarna hijau, ujung daun tumpul, pangkal daun membulat, tepi daun rata, susunan pertulangan menyirip serta memiliki ukuran 1-2 cm .

B. Bunga kelor

Bunga kelor muncul di ketiak daun, beraroma khas dan berwarna putih kekuning-kuningan. Buah kelor berbentuk segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm dan berwarna hijau. Kelor berakar tunggang, berwarna putih, berbentuk seperti lobak, berbau tajam dan berasa pedas.

C. Biji Kelor

Biji kelor berbentuk bulat dengan memiliki sayap yang berwarna putih di ketiga sisinya yang menjalar dari atas ke bawah. Lebar biji bersayap rata rata sebesar 2,12 cm dan panjang biji 4,25 cm.

2.6 Kandungan dalam biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai biokoagulan

Penggunaan biji *Moringa oleifera* pada pengolahan air skala rumah tangga telah dilakukan di beberapa wilayah pedalaman di Sudan. Wanita-wanita di daerah tersebut yang mengambil air dari Sungai Nil, memasukkan serbuk *Moringa oleifera* dalam kantong kecil yang terbuat dari kain, kantong ini kemudian dicelupkan dan diputar dalam wadah yang berisi air keruh dari Sungai Nil yang mereka ambil biji (Yuliastri, 2010).

Biji kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang memiliki protein.dengan konsentrasi yang tinggi. Protein biji kelor penting untuk diketahui dalam proses penjernihan air, protein inilah yang berperan sebagai koagulan partikel- partikel penyebab kekeruhan. Protein tersebut adalah polielektrolit kationik. Polielektrolit membantu koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid, tetapi polielektrolit bermuatan sama sebagaimana koloid dapat juga digunakan sebagai koagulan dengan menjembatani antar partikel.

Moringa oleifera mengandung molekul protein larut air dengan berat molekul yang rendah. Protein ini akan bermuatan positif jika dilarutkan dalam air. Fungsi

protein bekerja seperti bahan sintetik yang bermuatan positif dan dapat digunakan sebagai koagulan polimer sintetik. Ketika *Moringa oleifera* yang sudah diolah (serbuk) dimasukkan kedalam air kotor, protein yang terdapat dalam *Moringa oleifera* akan mengikat partikulat-partikulat yang bermuatan negatif, partikulat ini menyebabkan kekeruhan. Pada kondisi kecepatan pengadukan yang tepat, partikulat-partikulat bermuatan negatif yang sudah terikat, ukurannya akan membesar dan membentuk flok. Flok ini bisa diendapkan dengan gravitasi atau dihilangkan dengan filtrasi. Seperti koagulan lainnya, kemampuan biji kelor (*Moringa oleifera*) untuk menjernihkan air dapat bervariasi, tergantung dari keadaan air yang akan diproses (Pandia dkk 2009).

Menurut Setyawati dkk., (2018) Efektivitas koagulasi oleh biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik bertegangan rapat dengan berat molekul sekitar 6,5 kdalton. Zat aktif (*Active Agent*) yang terkandung dalam biji kelor yaitu 4 α L, rhamnosyloxy, benzyl, isothiocyante. Prinsip utama mekanisme koagulasinya adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan protein tersebut. Dalam proses koagulasinya, biji kelor memberikan pengaruh yang kecil terhadap derajat keasaman dan konduktivitas. Jumlah lumpur yang diproduksi biji kelor lebih sedikit dari jumlah lumpur yang diproduksi oleh ferro sulfat sebagai koagulan.

Berdasarkan penelitian Ashari, (2020) Kombinasi fitoremediasi dan koagulasi-flokulasi mampu menurunkan turbiditas dari 401 NTU menjadi 10 NTU. Rangkaian proses fitoremediasi dan koagulasi-flokulasi pada penelitian ini mampu menurunkan kadar polutan pada limbah cair tahu hingga sesuai dengan baku mutu yang dikeluarkan pemerintah.

Berdasarkan penelitian Pandia & Husin, (2009) penambahan koagulan biji kelor ke dalam air dapat mempengaruhi beberapa kandungan parameter air, seperti kekeruhan (turbiditas), padatan tersuspensi total (TSS) dan sedikit pH air. Dosis optimum koagulan yang diperlukan untuk menyisahkan kandungan TSS, kekeruhan dan TDS adalah sekitar 0,4 g dan waktu pengendapan untuk memberi kesempatan partikel-partikel padat membentuk flok yang relatif besar. Dari penelitian yang dilakukan, waktu pengendapan efektif adalah sekitar 4-6 jam. Pengaruh dosis koagulan terhadap penurunan pH larutan tidak begitu signifikan. Pada rentang

pengamatan yang dilakukan, penambahan koagulan ke dalam air dapat menurunkan pH larutan rata-rata 15%. Kondisi efektif penyisihan turbiditas, TSS dan TDS yang paling baik adalah dengan dosis koagulan biji kelor 0,4 – 0,5 gr/L, ukuran partikel 300 mesh dan waktu tinggal 4-6 jam dengan penyisihan turbiditas (71,8%), TDS (78,28%), TSS (72,13%) serta penurunan pH (7,63%).

2.7 Metode koagulasi-flokulasi

Koagulasi–flokulasi merupakan metode untuk mengendapkan partikel halus dan koloid yang terdispersi dalam air dengan mengubah partikel tersebut menjadi flok-flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dari air melalui proses pengendapan, pengapungan dan lain-lain (Herawati dkk., 2017). Koagulasi-flokulasi terdiri dari 2 kata yaitu koagulasi dan flokulasi.

Koagulasi adalah dicampurnya koagulan dengan pengadukan secara cepat guna mendestabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan massa inti partikel, kemudian membentuk mikro flok. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi sebagai berikut : (Rahimah dkk., 2018)

a. Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Bila suhu air diturunkan, maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

b. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda satu sama lainnya.

c. Jenis Koagulan

Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran.

d. Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi yaitu : pengaruh anion lebih besar dari pada kation. Dengan demikian ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi.

e. Tingkat kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

f. Dosis koagulan

Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik.

g. Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel- partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang terbentuk.

h. Alkalinitas

Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air. Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasil ion hidroksida pada reaksi hidrolisa koagulan.

Flokulasi adalah pengadukan perlahan pada tahap ini terjadi proses pengumpulan partikel-partikel dengan muatan tidak stabil yang kemudian saling bertabrakan sehingga membentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran yang

lebih besar, juga dikenal dengan istilah partikel flokulan atau flok (Rusydi dkk., 2017). Ada dua jenis proses flokulasi yaitu :

a. Flokulasi perikinetik

Flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbukan molekul-molekul air, akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel lebih sangat kecil $1 < 100$ milimikron.

b. Flokulasi orthokinetik

Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak media (air) misalnya pengadukan. Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lainnya dikenal sebagai gradien kecepatan, dengan notasi G. Dengan adanya perbedaan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula akibatnya akan terjadi tumbukan atau kontak antar partikel.



BAB III

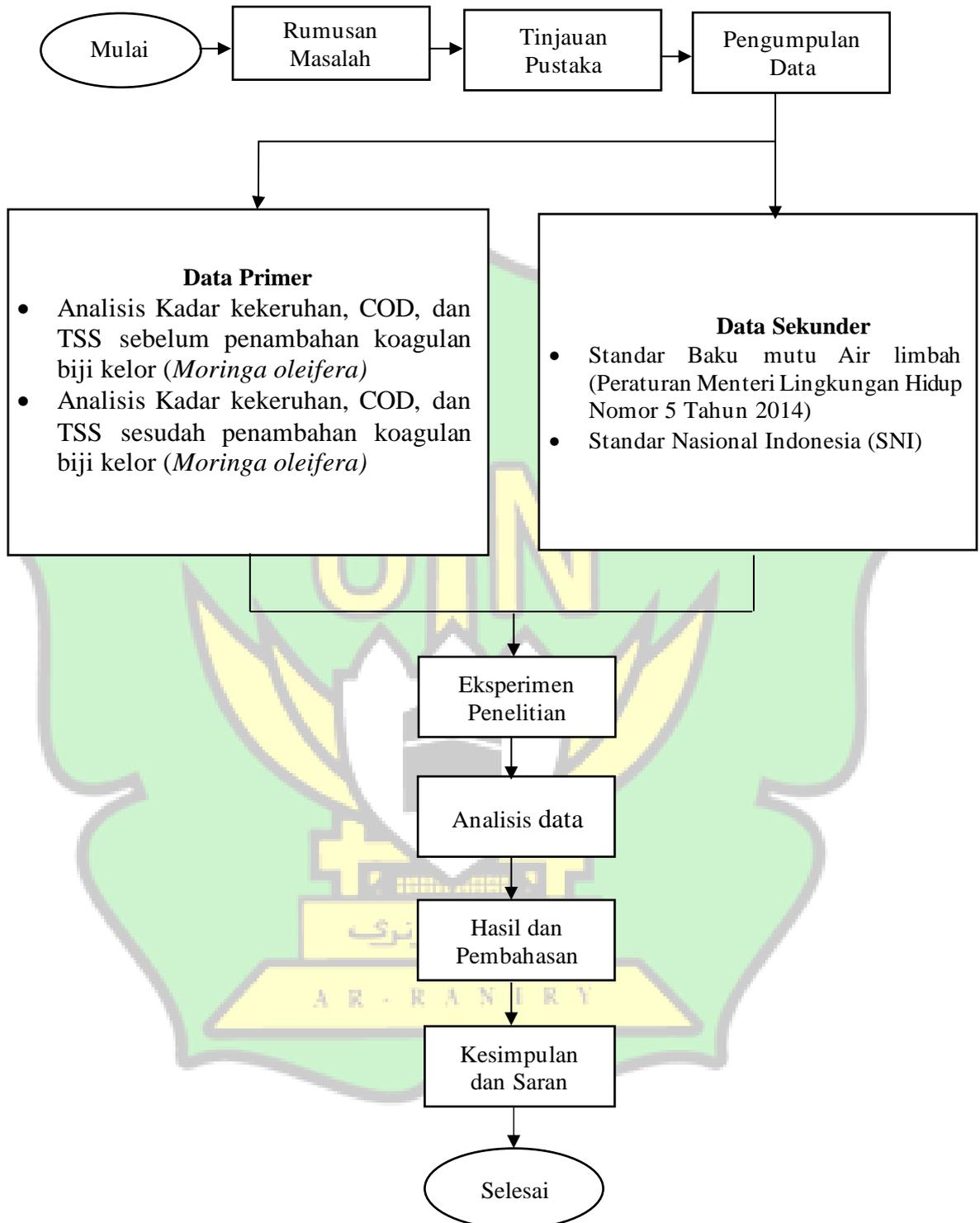
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum

Adapun penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah yaitu mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair Rumah Potong Hewan berdasarkan fakta-fakta yang diperoleh.
2. Studi literatur yaitu dilakukannya studi dalam mengetahui informasi pengumpulan data dari jurnal, publikasi, dan skripsi yang terkait dengan penelitian.
3. Persiapan pengambilan sampel yaitu, pengambilan sampel dilakukan untuk melakukan Analisa awal yaitu pengujian nilai kekeruhan, COD, dan TSS yang terdapat dalam limbah RPH tersebut.
4. Eksperimen dilakukan terhadap limbah cair RPH untuk mengetahui faktor-faktor yang terjadi selama proses koagulasi menggunakan variasi kecepatan pengadukan untuk menurunkan parameter kekeruhan, COD, dan TSS yang terdapat pada air limbah.
5. Tahap uji koagulasi-Flokulasi limbah cair Rumah Potong Hewan menggunakan koagulan biji kelor yang telah disiapkan.
6. Analisis laboratorium yaitu sampel yang telah diolah diuji Parameter kekeruhan, COD, dan TSS yang terdapat pada sampel yang telah diuji dilakukan analisis di laboratorium.
7. Analisis data yaitu hasil penelitian dianalisis berdasarkan teori yang ada.
8. Penarikan simpulan diambil berlandaskan analisa data dan diperiksa kesesuaian dengan maksud dan tujuan dari penelitian.

Urutan tahapan umum penelitian yang disajikan dalam bentuk bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.

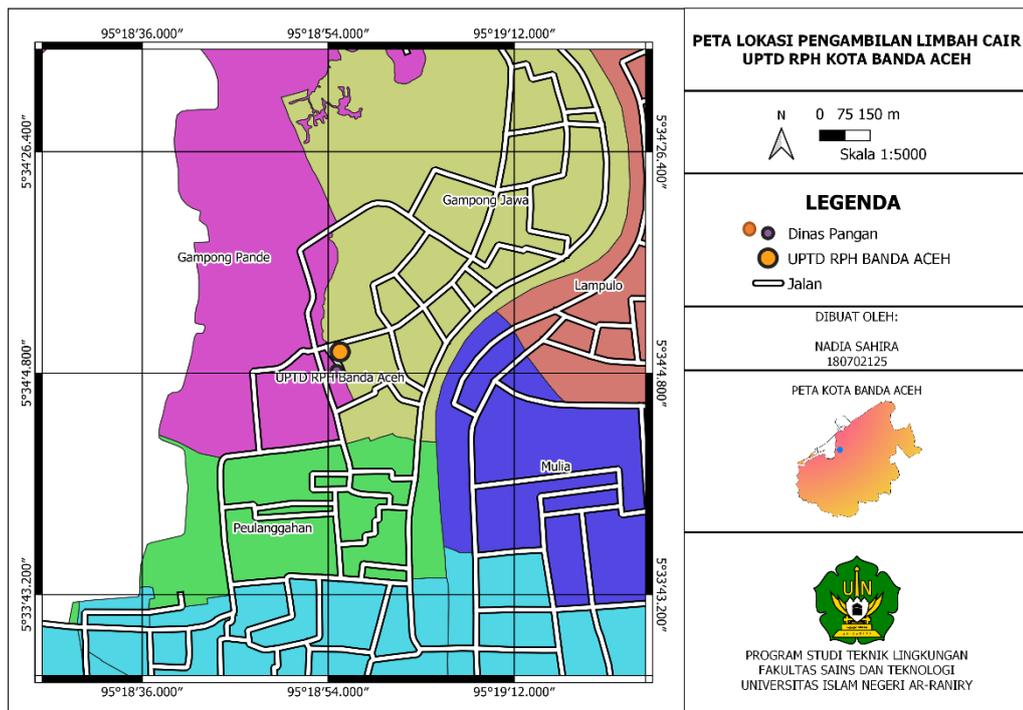


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat pengambilan sampel

Pengambilan sampel limbah cair RPH yang berlokasi di Kawasan Gampong Pande, kecamatan Kutaraja, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Lokasi pengambilan sampel limbah cair Rumah Potong Hewan dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan limbah cair UPTD RPH Banda Aceh

(Sumber: Citra Satelit Google Earth)

3.2.2 Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada agustus 2022 sampai mei 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Adapun tahap dalam penelitian ini yaitu, mulai pengambilan sampel air limbah, pembuatan biokoagulan biji kelor, pengadukan pada *Jar Test*, pengukuran parameter, dan analisis data.

3.3 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

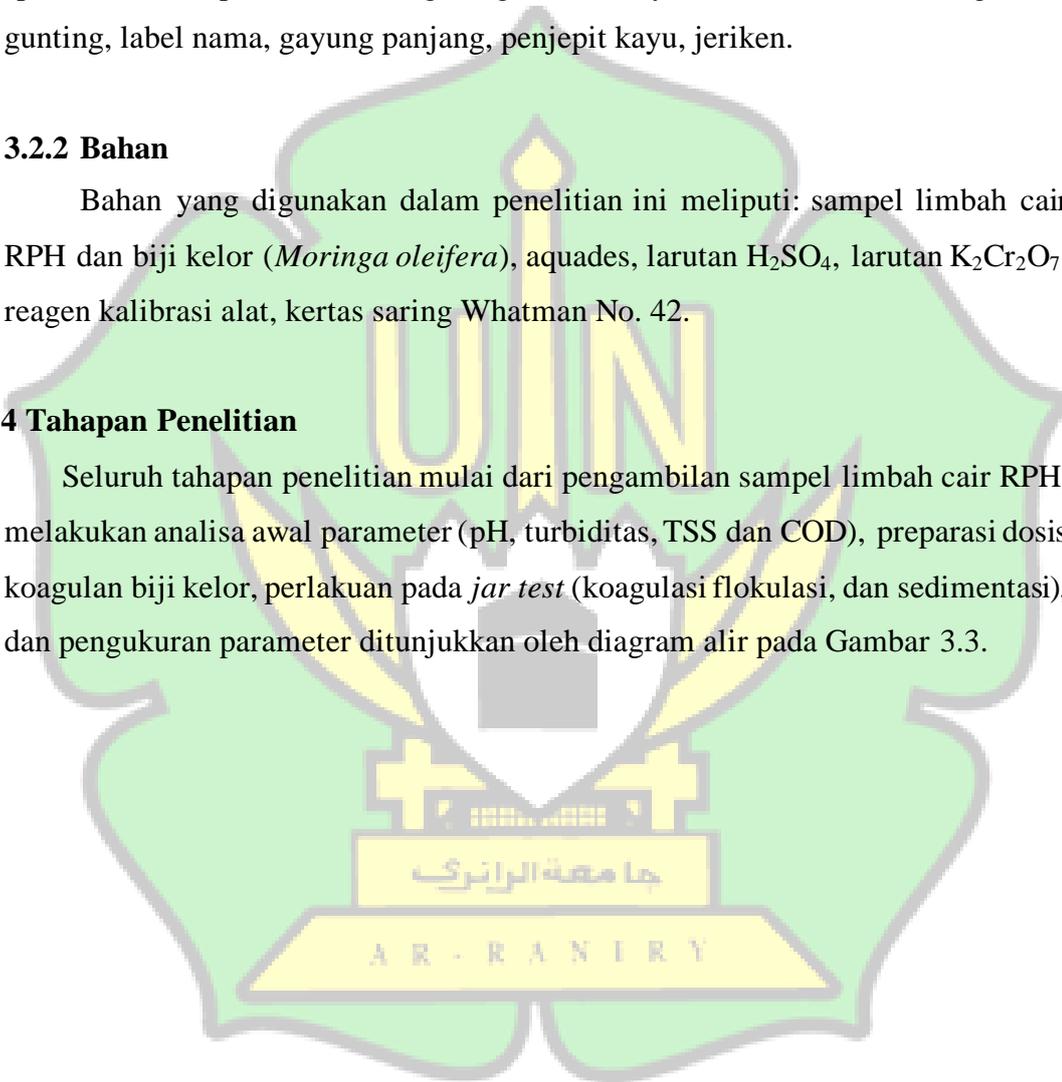
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *Jar Test*, pH meter, Turbidimeter, COD Meter, oven, blender, toples, timbangan analitik, *beaker glass* ukuran 1000 ml dan 100 ml, tabung silika gel, tabung reaksi, kuvet, pipet filter, spatula, cawan porselen, sarung tangan kain, ayakan 100 mesh, lesung, tisu, gunting, label nama, gayung panjang, penjepit kayu, jeriken.

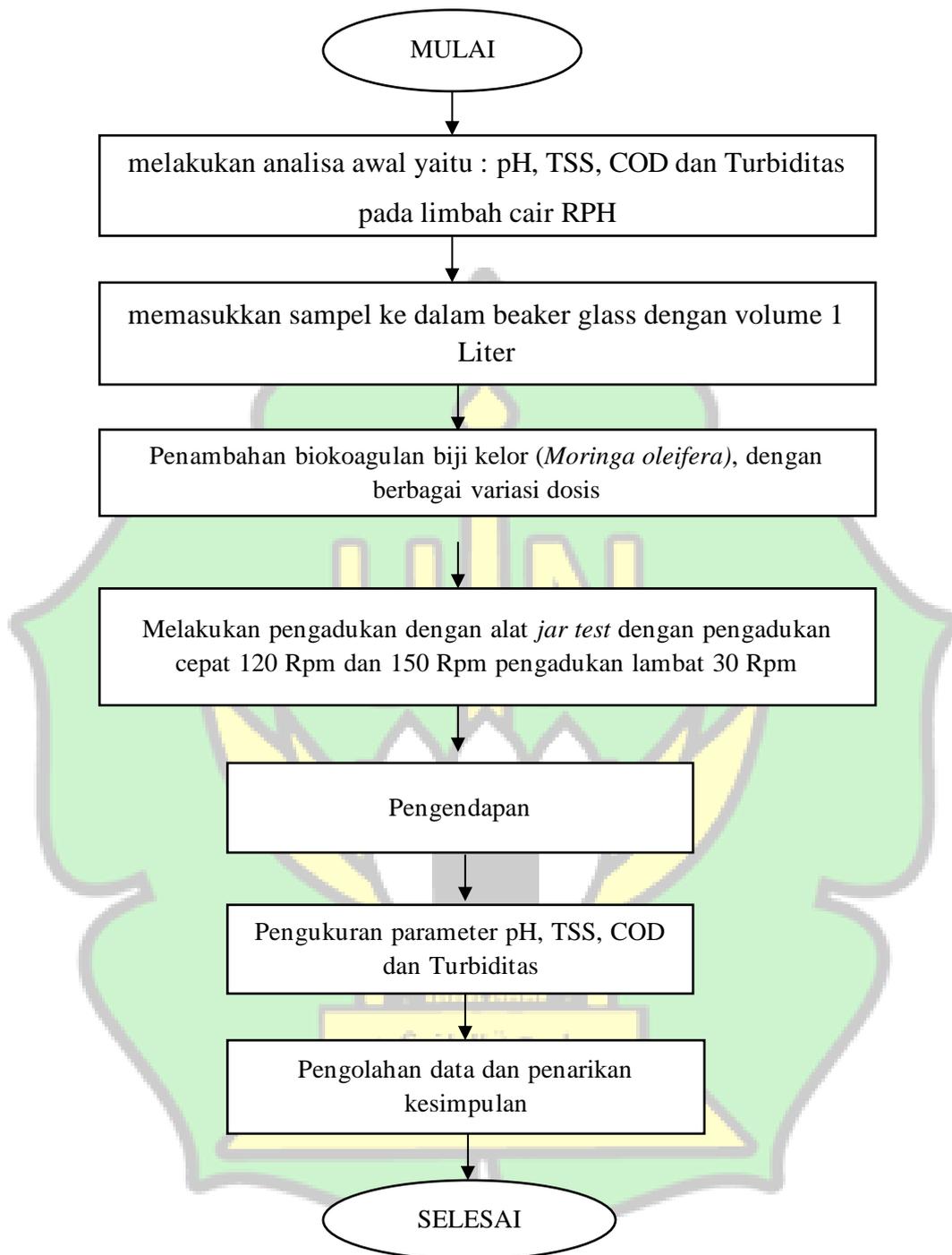
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: sampel limbah cair RPH dan biji kelor (*Moringa oleifera*), aquades, larutan H_2SO_4 , larutan $K_2Cr_2O_7$, reagen kalibrasi alat, kertas saring Whatman No. 42.

3.4 Tahapan Penelitian

Seluruh tahapan penelitian mulai dari pengambilan sampel limbah cair RPH, melakukan analisa awal parameter (pH, turbiditas, TSS dan COD), preparasi dosis koagulan biji kelor, perlakuan pada *jar test* (koagulasi flokulasi, dan sedimentasi), dan pengukuran parameter ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.3.





Gambar 3. 3 Diagram Eksperimen

3.5 Uji Pendahuluan

Tabel 3. 1 Hasil Analisa awal Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Kadar maksimum
COD	mg/L	1,176,2	200
TSS	mg/L	78	100
NH3-N	mg/L	192,75	25
Minyak Lemak	mg/L	4,0	15
pH	-	9	6 – 9

sumber : peraturan Menteri LH RI No.5 Tahun 2014

3.6 Variabel Penelitian

Variabel bebas (*independen*) merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel *dependen* (terikat) (Hanifah dkk., 2020). Variabel independen dalam penelitian ini adalah dosis koagulan. Variasi dosis koagulan yang digunakan adalah 0 g, 1g, 1,5g, 2g, 2,5g, 3g dan 4g

a. Variabel Terikat (*Dependen*)

Variabel terikat (*dependen*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Hanifah dkk., 2020). Pada penelitian ini yang merupakan variabel dependen adalah turbidity dan COD.

b. Variabel Tetap

Variabel tetap yaitu variasi pengadukan cepat sebesar 120 Rpm dan 150 Rpm dengan waktu detensi sebesar 2 menit, sedangkan pengadukan dengan pengadukan lambat sebesar 30 Rpm yang membutuhkan waktu selama 30 menit, dan proses pengendapan membutuhkan waktu selama 60 menit.

3.7 Metode Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode grab sesaat dimana limbah cair diambil saat itu saja di UPTD RPH Kota Banda Aceh. Sampel diambil secara langsung di bak penampungan limbah cair RPH Kota Banda Aceh. Sampel limbah cair RPH diambil menggunakan timba kaki plastik yang dilengkapi dengan tali kemudian dimasukkan ke dalam jeriken sebanyak 12 L (SNI 6989.59.2008) Setelah semua bahan telah diperoleh, maka langkah selanjutnya dilakukan percobaan *jar test*, analisis kemampuan biokoagulan, penentuan dosis optimum, dan analisis efisiensi penurunan kadar.



Gambar 3. 4 pengambilan sampel
(Sumber : dokumen pribadi)

3.6 Pembuatan Koagulan Biji Kelor

Dalam pembuatan koagulan biji kelor dibersihkan lalu dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 105°C untuk menurunkan kadar airnya kemudian digerus sampai menjadi serbuk dan diayak dengan ukuran 40 mesh serbuk biji kelor selanjutnya siap digunakan sebagai koagulan.

3.7 Proses Koagulasi

Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap TSS, COD dan Turbiditas, limbah cair rumah pemotongan hewan (RPH) pada proses koagulasi-flokulasi pada

peralatan *Jar test* adalah sebagai berikut : (SNI-19-6449-2000)

1. Limbah cair dimasukkan industri rumah pemotongan hewan (RPH) ke dalam wadah, diukur pH, Turbiditas, TSS, dan COD awal limbah cair industri rumah pemotongan hewan (RPH).
 2. Beaker diisi dengan sampel limbah cair industri rumah pemotongan hewan (RPH) sebanyak 1000 ml, kemudian koagulan ditambahkan ke dalam beaker dengan berbagai variasi dosis ke dalam masing-masing limbah cair industri rumah pemotongan hewan (RPH).
 3. Sampel kemudian diaduk cepat selama 2 menit (120 Rpm dan 150 Rpm) dan diikuti dengan pengadukan lambat selama 30 menit (30 Rpm), Setelah pengadukan diendapkan selama 15, 30, 45 dan 60 menit
- Berikut disajikan desain eksperimen penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Desain Eksperimen

	Variasi dosis (g)	Pengadukan cepat	Pengadukan lambat	Pengendapan
Sampel limbah cair RPH 1 L	0	120 Rpm dan 150 Rpm (selama 2 menit)	30 Rpm (selama 30 menit)	15, 30, 45, dan 60 menit
	0,5			
	1			
	1,5			
	2			
	2,5			
	3			

3.8 Pengukuran TSS (Total Suspended Solid)

Persiapan kertas saring

Pengujian TSS merujuk pada SNI 06-6989.3-2004

1. Dipotong kertas saring kosong dengan diameter 47 mm dan beratnya 0,24 gram,
2. Masukkan kertas saring ke alat vakum, bilas kertas saring dengan aquades sebanyak 20 ml, selama 2 menit

3. Setelah 2 menit, dipindahkan kertas saring ke dalam oven untuk dipanaskan pada suhu 103-105° C selama 1 jam
4. Setelah 1 jam dioven, didinginkan selama 30 menit di dalam desikator yang berisi silika gel selama 15 menit
5. Ditimbang lagi kertas saring setelah didinginkan, dan dicatat berat timbangan setelah dioven
6. Dihitung TSS dan dilaporkan hasil.

Perhitungan untuk mengukur TSS, menurut SNI 06-6989.3-2019. TSS

$$(\text{mg/L}) = \frac{(A-B) \times 1000}{v} \dots\dots\dots(1)$$

3.9 Pengujian Kekeruhan

Pengukuran Turbiditas Kekeruhan dapat diukur dengan menggunakan alat turbidity meter. Satuan dari nilai kekeruhan adalah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) sesuai dengan SNI 06-6989.25-2005 cara pakai alatnya adalah :

Kalibrasi Alat

1. Keluarkan kedua botol kalibrasi, buka tutupnya untuk membedakan 0 NTU dan 100 NTU
2. Tekan Power ON, dimasukkan botol kalibrasi yang 0 NTU ke dalam alat turbidimeter, sejajarkan tanda putih yang ada pada botol dengan tanda putih pada alat, masukkan tekan pelan-pelan dan di tutup
3. Tekan *test/call*, tahan sampai muncul angka 000 pada layar monitor
4. Ditekan *test/call* sekali lagi sampai muncul angka 100 pada layar monitor
5. Selanjutnya dikeluarkan botol 0 NTU, diganti dengan botol 100 NTU, disejajarkan tanda putih, tekan pelan-pelan dan tutup alat turbidimeter
6. Tekan *test/call* sampai muncul 00, kemudian tekan sekali lagi *test/call* dengan sedikit dipendam sampai muncul angka 000
7. Kemudian tekan *Hold* 2 kali sampai muncul tulisan Clr, jika sudah muncul Clr, maka alat sudah siap untuk dipakai menguji sampel

Pengujian Kekeruhan Sampel Limbah cair rumah potong hewan

1. Dibersihkan botol/wadah sampel sampai kering, masukkan kedalam alat turbidimeter
2. Ditekan *Test*, dan hasil kekeruhan muncul di layar monitor
3. Dicatat hasil Turbiditas nya

3.10 Pengujian COD

Pengukuran COD dilakukan dengan memasukkan sampel limbah cair RPH ke dalam tabung reaksi sebanyak 2,5 mL, selanjutnya ditambahkan 1,5 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ dilanjutkan dengan penambahan larutan H_2SO_2 sebanyak 3,5 mL. Kemudian sampel dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam COD reaktor untuk dipanaskan dengan suhu 150 C° selama 2 jam. Lalu sampel didinginkan dan diuji menggunakan COD meter untuk mengetahui nilainya (SNI 6989.72-2009).

3.11 Analisis Parameter

1. Turbiditas

Turbidimeter dihidupkan kemudian dibilas cell dengan sampel yang digunakan lalu diisi *cell* dengan sampel minimum 80 % volume kemudian dimasukkan dalam lubang cell selanjutnya ditutup dan dibaca nilai kekeruhan sampel setelah diperoleh pembacaan yang stabil.

2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Analisis COD dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.15-2004. Air dan Air Limbah. Cara Uji Kebutuhan Kandungan Oksigen Kimiawi (KOK) refluks terbuka secara titrimetri. Perhitungan nilai COD dengan menggunakan rumus:

$$\text{COD} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{(\text{ml Titrasi blanko} - \text{ml Titrasi sampel} \times N \times 8000 \times \text{faktor pengeceran})}{\text{ml sampel}} \dots(2)$$

3.12 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah proses pengumpulan data. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium mandiri. Analisis deskriptif persentase penurunan parameter dari tiap variasi dosis dilakukan untuk mengetahui besarnya

penurunan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh Yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ penurunan} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

C_o = nilai parameter awal sebelum perlakuan

C_e = nilai parameter akhir setelah perlakuan



BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Sebelum Dilakukan Pengolahan

Sebelum melakukan proses koagulasi-flokulasi menggunakan *Jar Test* terlebih dulu dilakukan uji pendahuluan awal terhadap parameter COD, TSS, kekeruhan dan pH untuk mengetahui konsentrasi awal pencemar pada limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH). Hasil uji akan dibandingkan dengan baku mutu limbah cair rumah potong hewan (RPH) PERMEN LH Nomor 05 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi usaha dan atau kegiatan RPH. Hasil uji konsentrasi awal untuk sampel limbah cair RPH Aceh Besar dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji Awal Parameter Limbah Cair RPH

Parameter	Hasil uji awal	Baku Mutu	Ket
Kekeruhan	291 NTU	Tidak ada	-
COD	3103 mg/L	200 mg/L	tidak memenuhi syarat
TSS	280 mg/L	100 mg/L	tidak memenuhi syarat
pH	7,6	6-9	memenuhi syarat

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan hasil konsentrasi awal dari kekeruhan yaitu 291, namun dalam PERMEN LH Nomor 05 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi usaha dan atau kegiatan RPH untuk parameter kekeruhan tidak ditetapkan, sehingga tidak dapat dilakukan perbandingan melainkan hanya untuk melihat kemampuan koagulan Biji kelor dalam menurunkan kadar kekeruhan, parameter pH berada pada kondisi yang sesuai dengan baku mutu antara 6-9 dengan nilai awal pH 7,6, sedangkan untuk parameter COD 3130 mg/L dan TSS 280 mg/L pada limbah cair RPH yang melebihi standar baku mutu yang ditetapkan, sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar limbah cair yang dibuang tidak mencemari lingkungan

4.2 Pembahasan

Limbah utama dari RPH berasal dari penyembelihan, pemindahan, pembersihan rambut, pengaturan, pemrosesan, dan pembersihan. Limbah cair yang dihasilkan UPTD RPH ini dialirkan dalam bak penampungan dimana pada penelitian ini sampel diambil pada bak penampung tersebut. Pada penelitian ini pengolahan limbah cair RPH menggunakan metode koagulasi-floakulasi untuk penyisihan kadar COD, TSS, kekeruhan dan pH yang terdapat pada limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) menggunakan biokoagulan serbuk biji kelor. Biokoagulan dari serbuk biji kelor divariasikan dengan dosis 0 g, 0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, dan 3 g pada setiap liter limbah, dengan ukuran partikel 40 mesh menggunakan 2 variasi kecepatan pengadukan yaitu 120 Rpm dan 150 Rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 30 menit, dengan pengendapan selama 60 menit. Hasil analisa limbah cair RPH pada setiap kecepatan pengadukan dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3

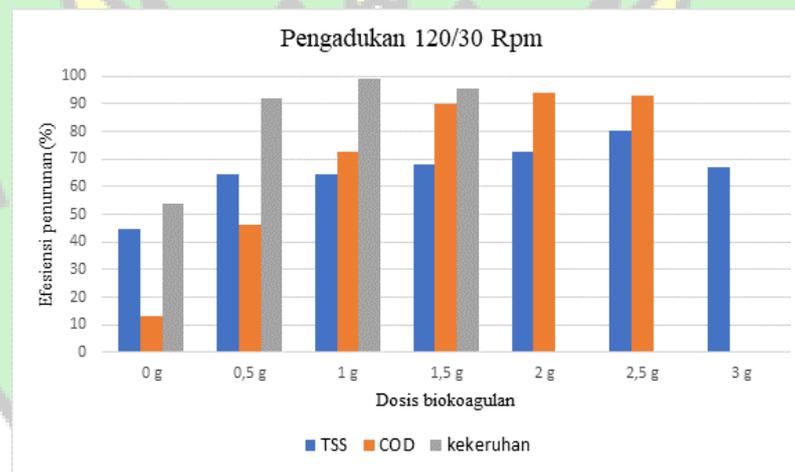
Tabel 4. 2 Hasil analisa parameter dengan pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm

Variasi dosis koagulan	pH	TSS	COD	Kekeruhan
0 gram	7,6	155	2696	101.7
0,5 gram	7,9	100	1672	17.97
1 gram	7,9	99	857	1.67
1,5 gram	7,8	89	316	9.71
2 gram	7,7	76	187	
2,5 gram	7,4	55	221	
3 gram	7,4	92		

Tabel 4. 3 Hasil analisa parameter dengan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm

Variasi dosis koagulan	pH	TSS	COD	Kekeruhan
0 gram	7,6	114	2498	130.1
0,5 gram	6,9	111	498	31.9
1 gram	6,7	88	192	2.04
1,5 gram	6,6	74	224	10.23
2 gram	6,5	33	353	
2,5 gram	6,4	29	397	
3 gram	6,4	81		

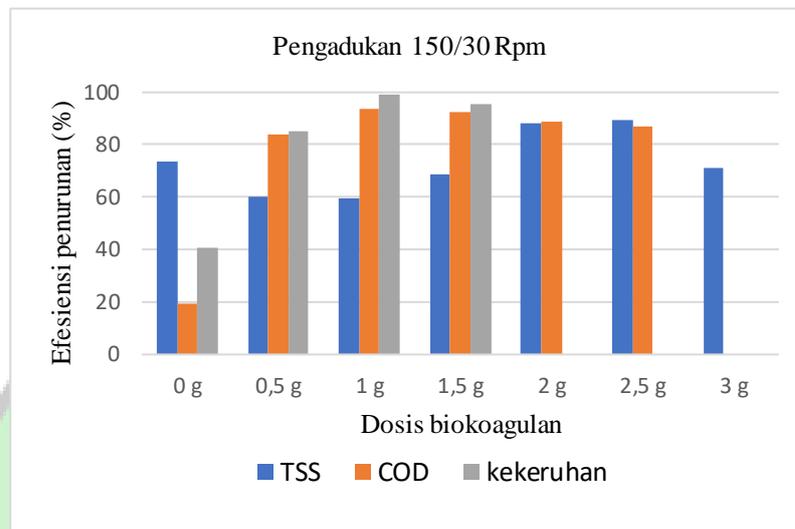
Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa biokoagulan serbuk biji kelor mampu menurunkan kadar pencemar yang terdapat pada limbah RPH pada dosis yang berbeda di setiap parameter yang diuji. Untuk efisiensi penggunaan biokoagulan biji kelor dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4. 1 Efektifitas penurunan parameter COD, TSS dan kekeruhan pada pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan 30 Rpm

Efektivitas koagulan biji kelor pada gambar 4.1 dengan variasi kecepatan pengadukan 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm serta pengendapan selama 60 menit, mampu memberikan persen penurunan tertinggi TSS sebesar 80,36% pada dosis koagulan 2,5 g, dosis optimum dalam menurunkan COD terjadi pada dosis koagulan 2 g dengan persentase 93.97% dan kekeruhan dimana dosis

optimum berada pada variasi dosis koagulan 1 g dengan persentase penurunan 99,24 %. Hasil persentase menunjukkan bahwa biokoagulan biji kelor mampu menurunkan parameter COD, TSS dan kekeruhan >50 %



Gambar 4. 2 Efektifitas penurunan parameter COD, TSS dan kekeruhan pada pengadukan 150/30 Rpm

Efektivitas koagulan biji kelor pada gambar 4.2 dengan variasi kecepatan pengadukan 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm serta pengendapan selama 60 menit, mampu memberikan persen penurunan tertinggi TSS sebesar 89,64% pada dosis koagulan 2,5 g, dosis optimum dalam menurunkan COD terjadi pada dosis koagulan 2 g dengan persentase 88,62 % dan kekeruhan dimana dosis optimum berada pada variasi dosis koagulan 1 g dengan persentase penurunan 99,07 %. Hasil persentase menunjukkan bahwa biokoagulan biji kelor mampu menurunkan parameter COD, TSS dan kekeruhan >50 %

4.3 Pengaruh Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Perubahan Nilai pH pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi. Jika proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. pH optimum untuk masing-masing

koagulan berbeda-beda. Koagulan tertentu tidak akan bekerja maksimal pada suasana yang lebih asam atau lebih basa dari nilai pH optimumnya. Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui berapa kisaran pH limbah cair yang sudah dilakukan proses koagulasi. Pada penelitian ini, Koagulan yang digunakan adalah biji kelor, menggunakan variasi dosis kontrol, 0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g dan 3 g serta variasi kecepatan pengadukan, pengadukan cepat dilakukan pada kecepatan 120 Rpm dan 150 Rpm selama 2 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat 30 Rpm selama 30 menit, setelah pengadukan selesai dilakukan pengendapan selama 60 menit.

Sampel limbah cair awal yang belum ditambahkan dengan koagulan mempunyai pH sebesar 7,6 yang menunjukkan pH sampel limbah cair ini berada di kisaran pH netral. pH sampel limbah cair yang ditambahkan dengan koagulan biji kelor tetap berada di kisaran pH normal yakni pH 6-9. Perubahan terhadap konsentrasi pH limbah cair RPH kota Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengaruh Variasi Dosis Serbuk Biji Kelor Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan Konsentrasi pH pada Limbah Cair RPH

	DOSIS	Kecepatan pengadukan	Kadar pH awal	Kadar pH akhir	Baku mutu
1.	0 gram			7,6	
2.	0,5 gram			7,9	
3.	1 gram			7,9	
4.	1,5 gram	120 Rpm		7,8	
5.	2 gram	30 Rpm		7,7	
6.	2,5 gram			7,4	
7.	3 gram			7,4	
8.	0 gram		7,6	7,6	6-9
9.	0,5 gram			6,9	
10.	1 gram			6,7	
11.	1,5 gram	150 Rpm		6,6	
12.	2 gram	30 Rpm		6,5	
13.	2,5 gram			6,4	
14.	3 gram			6,4	

(Sumber: Hasil penelitian di laboratorium, 2023)

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai pH tanpa penambahan koagulan pada kecepatan pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm pH berada pada kisaran nilai 7,6 hingga 7,4, nilai awal pH pada saat pengujian awal yaitu 7,6 yang artinya tidak terdapat penurunan nilai pH yang signifikan. Nilai pH tanpa penambahan koagulan pada kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm pH berada pada kisaran nilai 7,6 hingga 6,4, dimana nilai tersebut masih dalam standar baku mutu sesuai dengan PERMEN LH No. 5 tahun 2014. Dapat dilihat bahwa apabila semakin banyak ditambahkan koagulan biji kelor maka nilai pH pada limbah cair RPH mengalami penurunan hingga mendekati nilai 6,5, artinya konsentrasi pH berada dalam keadaan asam lemah. Menurut Irmayana dkk., (2017) Penurunan pH diduga karena adanya gugus karboksilat asam amino dalam biji kelor yang melepaskan ion H^+ dalam suasana asam lemah pada koagulan biji kelor yang seimbang dengan ion hidroksida pada sampel. Apabila asam amino larut dalam air, gugus karboksilat akan melepaskan ion H^+ .

4.4 Pengaruh Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Perubahan Nilai TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan padatan yang tersuspensi dalam suatu larutan, kadar TSS merupakan salah satu parameter yang dipertimbangkan, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi TSS, yaitu tegangan dan waktu kontak, konsentrasi TSS pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Kelebihan TSS pada limbah cair RPH akan menghambat masuknya sinar matahari ke dalam limbah cair yang menyebabkan terhalangnya pertumbuhan *fitoplankton* dan proses fotosintesis sehingga berkurangnya kadar oksigen dalam limbah cair (Febrianto & Widiono, 2020) Konsentrasi TSS limbah cair RPH Kota Banda Aceh pada saat pengujian awal yaitu sebesar 280 mg/L yang artinya konsentrasi TSS telah melebihi baku mutu limbah cair RPH yang sudah ditetapkan. Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan metode uji *jar test*, menggunakan variasi dosis Kontrol, 0,5 g ; 1 g; 1,5 g ; 2 g ; 2,5 g dan 3 g, serta variasi kecepatan pengadukan, pengadukan cepat dilakukan pada kecepatan 120 Rpm dan 150 Rpm selama 2

menit, kemudian pengadukan lambat 30 Rpm selama 30 menit, setelah pengadukan selesai dilakukan pengendapan selama 60 menit. Pengaruh penurunan terhadap konsentrasi TSS limbah cair RPH Kota Banda Aceh yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

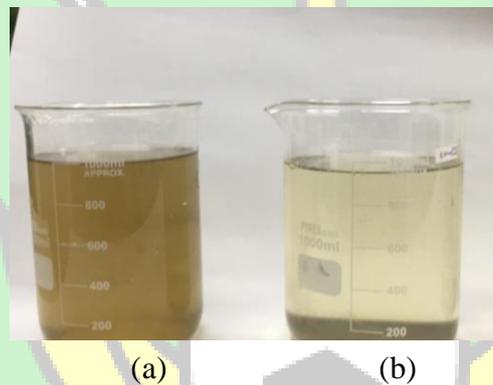
Tabel 4. 5 Pengaruh variasi dosis serbuk biji kelor dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan konsentrasi TSS pada limbah cair RPH

No	DOSIS	Kecepatan pengadukan	Kadar TSS awal (mg/L)	Konsentrasi TSS Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)	Baku Mutu (mg/L)
1.	0 gram			155	44.64	
2.	0,5 gram			100	64.29	
3.	1 gram			99	64.64	
4.	1,5 gram	120 Rpm		89	68.21	
5.	2 gram	30 Rpm		76	72.86	
6.	2,5 gram			55	80.36	
7.	3 gram			92	67.14	
8.	0 gram		280	114	73.57	100
9.	0,5 gram			111	60.36	
10.	1 gram			88	59.29	
11.	1,5 gram	150 Rpm		74	68.57	
12.	2 gram	30 Rpm		33	88.21	
13.	2,5 gram			29	89.64	
14.	3 gram			81	71.07	

(Sumber: Hasil penelitian di laboratorium, 2023)

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat penurunan terhadap konsentrasi TSS. Pada variasi pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm dengan perlakuan kontrol, konsentrasi TSS mengalami penurunan dari kadar TSS saat pengujian awal yaitu 280 mg/L menjadi 155 mg/L. Penambahan dosis koagulan serbuk biji kelor 0,5 g terjadi penurunan konsentrasi TSS menjadi 100 mg/L, pada dosis 1 g sampai 2,5 g terjadi penurunan berturut, pada dosis 2,5 g terjadi penurunan TSS tertinggi yaitu 55 mg/L. Penambahan dosis koagulan 3 g terjadi kenaikan konsentrasi TSS menjadi 92 mg/L, pada kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan

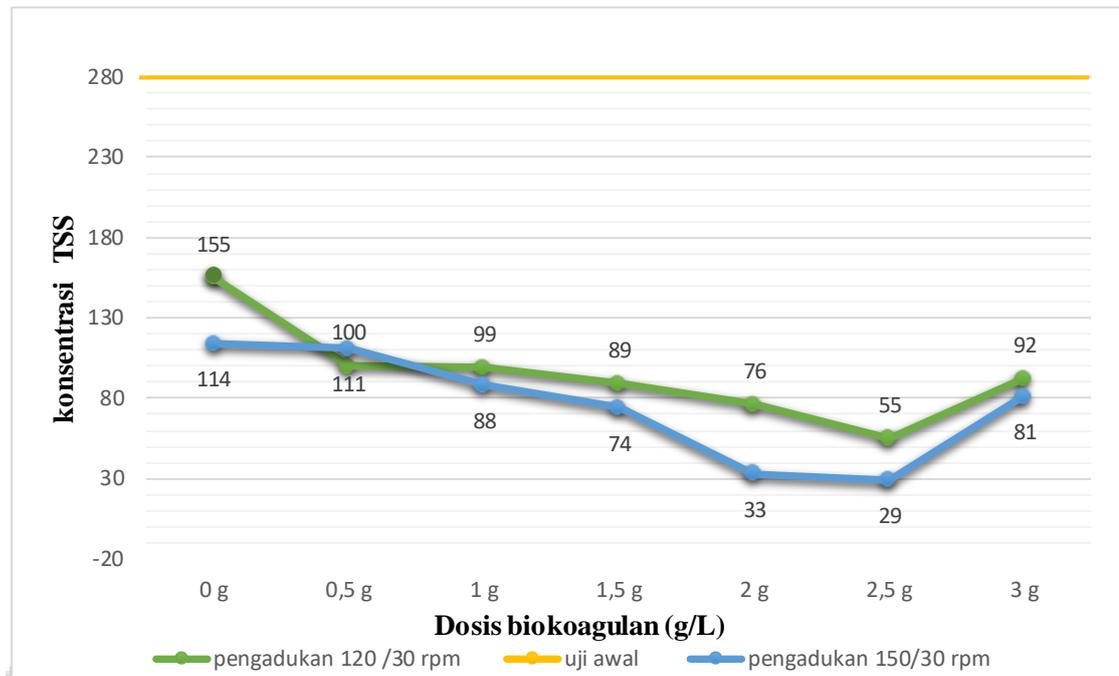
lambat 30 Rpm tanpa adanya penambahan koagulan, mampu menurunkan konsentrasi TSS dari konsentrasi awal 280 mg/L menjadi 114 mg/L. Penambahan dosis koagulan 2,5 g mengalami penurunan konsentrasi TSS tertinggi yaitu 29 mg/L dan terjadi kenaikan konsentrasi TSS pada dosis 3 gram menjadi 81 mg/L, dapat disimpulkan bahwa dosis optimum untuk penurunan konsentrasi TSS terjadi pada pembubuhan dosis koagulan 2,5 g dengan kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm. Kemampuan koagulan untuk mengikat flok hanya sampai pada dosis optimum. Berikut perbandingan penampakan fisik limbah cair RPH pada saat perlakuan kontrol dan pembubuhan koagulan 2,5 g dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Penampakan fisik limbah cair RPH

a) pada perlakuan kontrol dan b) pada pembubuhan dosis koagulan 2,5 gr

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa terjadinya degradasi warna dari 2 gelas kimia yang berisi limbah cair RPH, dimana pada dosis 2,5 g limbah cair RPH berwarna lebih jernih dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pembubuhan koagulan 2,5 g partikel-partikel yang terdapat dalam limbah cair RPH mengalami pengendapan yang baik. Kadar penyisihan TSS dengan variasi dosis dan variasi kecepatan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 4 Grafik penurunan konsentrasi TSS

Pada Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi TSS. Terjadi penurunan konsentrasi TSS terbesar pada kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm dengan pembubuhan dosis koagulan 2,5 gr. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kecepatan pengadukan, semakin baik proses koagulasi-flokulasi yang berlangsung. Berdasarkan penelitian (Angraini dkk., 2016) menyatakan bahwa kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap proses koagulasi. Kecepatan pengadukan mampu meningkatkan kontak serta tumbukan antar partikel-partikel koloid dengan koagulan sehingga memudahkan penggumpalan flok dan membantu proses pengendapan. Akan tetapi apabila kecepatan pengadukan yang berlebihan menyebabkan flok akan terpecah kembali menjadi partikel-partikel kecil yang sukar mengendap.

Dosis optimum dalam menurunkan konsentrasi TSS pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh terjadi pada dosis 2,5 gram, sehingga konsentrasi TSS menjadi 29 mg/L dari konsentrasi pada saat uji awal yaitu sebanyak 280 mg/L. Pada penurunan tersebut konsentrasi parameter TSS memenuhi ambang baku mutu limbah cair RPH yang telah ditetapkan sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Penurunan TSS

pada dosis optimum tersebut disebabkan oleh sifat biji kelor yang mengandung protein yang larut dalam air apabila dilarutkan, biji kelor menghasilkan muatan-muatan positif dalam jumlah yang banyak, larutan biji kelor bereaksi sebagai koagulan polimer alamiah bermuatan positif saat ditambahkan ke dalam sampel limbah cair dan diikuti dengan pengadukan cepat selama 3 menit, protein kationik yang dihasilkan biji kelor tersebut terdistribusi keseluruhan bagian cairan limbah dan kemudian berinteraksi dengan partikel-partikel bermuatan negatif penyebab kekeruhan. Akibatnya partikel-partikel koloid limbah membentuk flok-flok mikro melalui mekanisme adsorpsi (Irmayana dkk., 2017). Oleh karena itu dibutuhkan penambahan dosis koagulan yang pas dan tepat untuk mendapatkan hasil yang optimum.

4.5 Pengaruh Koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Perubahan Nilai COD pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi pada limbah cair mengindikasikan bahwa pada air tersebut mempunyai beban pencemaran lingkungan yang tinggi apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu (Rosmawanie dkk., 2018). Konsentrasi COD pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh pada saat uji pendahuluan yaitu sebesar 3.103 mg/L, konsentrasi COD melebihi baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan metode uji jar test, dengan memvariasikan dosis koagulan serta kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi penurunan terhadap konsentrasi COD pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.6 Pengaruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan COD pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh

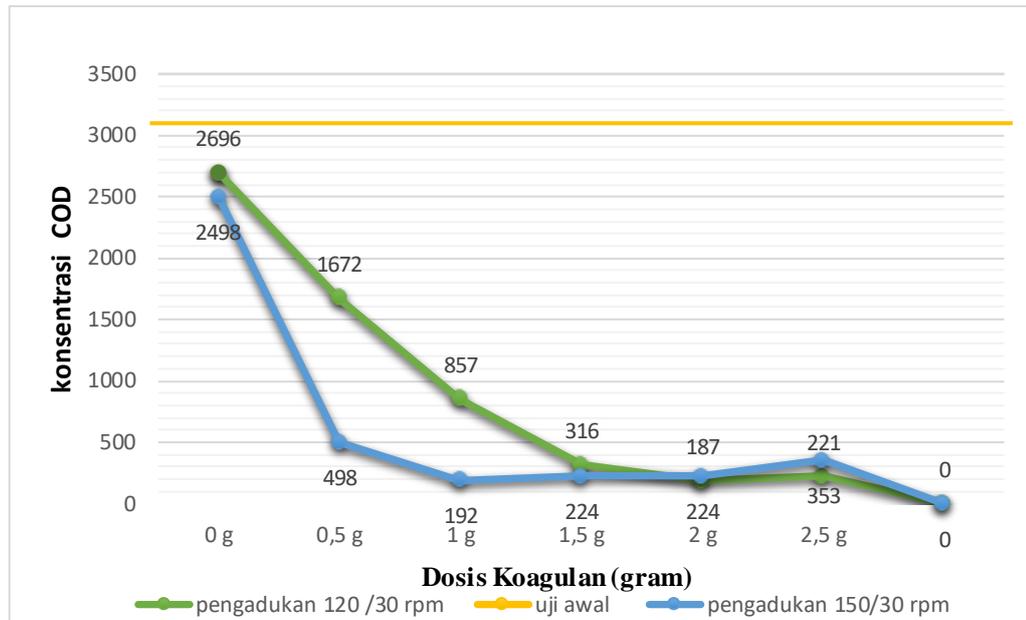
No	DOSIS	Kecepatan pengadukan	Kadar COD awal (mg/L)	Konsentrasi COD Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)	Baku Mutu (Mg/L)
1.	0 gram			2696	13.12	
2.	0,5 gram			1672	46.12	
3.	1 gram			857	72.38	
4.	1,5 gram	120 Rpm		316	89.82	
5.	2 gram	30 Rpm		187	93.97	
6.	2,5 gram			221	92.88	
			3.103			200
7.	0 gram			2498	19,50	
8.	0,5 gram	150 Rpm		498	83,95	
9.	1 gram	30 Rpm		192	93,81	
10.	1,5 gram			224	92,78	
11.	2 gram			353	88,62	
12.	2,5 gram			397	87,21	

(Sumber: Hasil penelitian di laboratorium, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai parameter COD pada perlakuan kontrol dengan kecepatan pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm, dari konsentrasi COD awal yaitu 3103 mg/L menjadi 2696 mg/L. Setelah ditambahkan koagulan biji kelor terjadinya penurunan COD pada dosis koagulan 1 g menjadi 857 mg/L. Kemudian pada dosis koagulan 1 g terjadi penurunan COD adalah 192. Selanjutnya pada penambahan dosis koagulan, 1,5 gr, konsentrasi COD mengalami kenaikan menjadi 224 mg/L.

Kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm pada perlakuan kontrol mampu menurunkan konsentrasi COD sebanyak 2498 mg/L. Penambahan dosis koagulan 0,5 g mengalami penurunan konsentrasi COD sebanyak 498 mg/L, sehingga pada dosis 1 g terjadi penurunan 192 mg/L. Penambahan dosis koagulan 1,5 g, 2 g, 2,5 g, 3 g, 3,5 g dan 4 g terjadi kenaikan nilai COD. Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa semakin banyak dibubuhkan dosis koagulan biji kelor kedalam limbah cair RPH tidak menjamin semakin besar penyisihan terhadap karakteristik parameter COD pada limbah

tersebut. Kadar penyisihan COD dengan variasi dosis dan kecepatan pengadukan



dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 Grafik penurunan COD

Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan fluktuasi nilai parameter COD konsentrasi awal yaitu 3103 mg/L mengalami penurunan menjadi 187 mg/L, pada dosis koagulan 2 g dengan kecepatan pengadukan cepat 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm, pada dosis koagulan 1 g dengan kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm penurunan nilai COD mencapai 192 mg/L. Artinya pada penurunan nilai parameter COD sudah memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 lampiran menyatakan baku mutu untuk parameter COD adalah 200 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan sudah efektif dalam menurunkan parameter COD pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh. Hal ini menunjukkan bahwa biji kelor mempunyai kemampuan untuk menurunkan bahan organik dengan cara koagulasi. Pada penambahan dosis 2,5 gram, 3 gram dan 4 gram mengalami kenaikan nilai COD yaitu 451 mg/L, menurut Irmayana dkk., (2017) hal ini dapat disebabkan oleh faktor pencampuran dan faktor pengendapan sehingga proses koagulasi bahan organik penyebab tingginya nilai COD dalam

limbah tidak sempurna terjadi. Dalam hal ini, bahan buangan organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) menjadi CO_2 dan H_2O serta jumlah ion kromat. Kalium bikromat digunakan sebagai sumber oksigen.

4.6 Pengaruh Biokoagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Perubahan Nilai kekeruhan pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Pada penelitian ini tingkat kekeruhan dapat diolah dengan proses koagulasi dengan menggunakan biokoagulan biji kelor, kandungan biji kelor berinteraksi dengan partikel-partikel yang bermuatan negatif pada air, interaksi tersebut akan mengurangi gaya tolak menolak antar partikel koloid pada kekeruhan, dimana partikel tersebut akan mengalami sistem destabilisasi dan akan membentuk endapan. Akibat adanya gaya gravitasi, makroflok yang terbentuk akan mengendap dan sebagian partikel-partikel penyebab kekeruhan pada air akan berkurang (Hermida dkk., 2021). Pada parameter turbiditas tidak termasuk ke dalam baku mutu limbah cair industri RPH pada PERMEN LH Nomor 5 tahun 2014 akan tetapi tetap dilakukan pengujian terhadap parameter kekeruhan dikarenakan untuk melihat perubahan parameter kekeruhan secara fisik sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan pada limbah cair RPH.

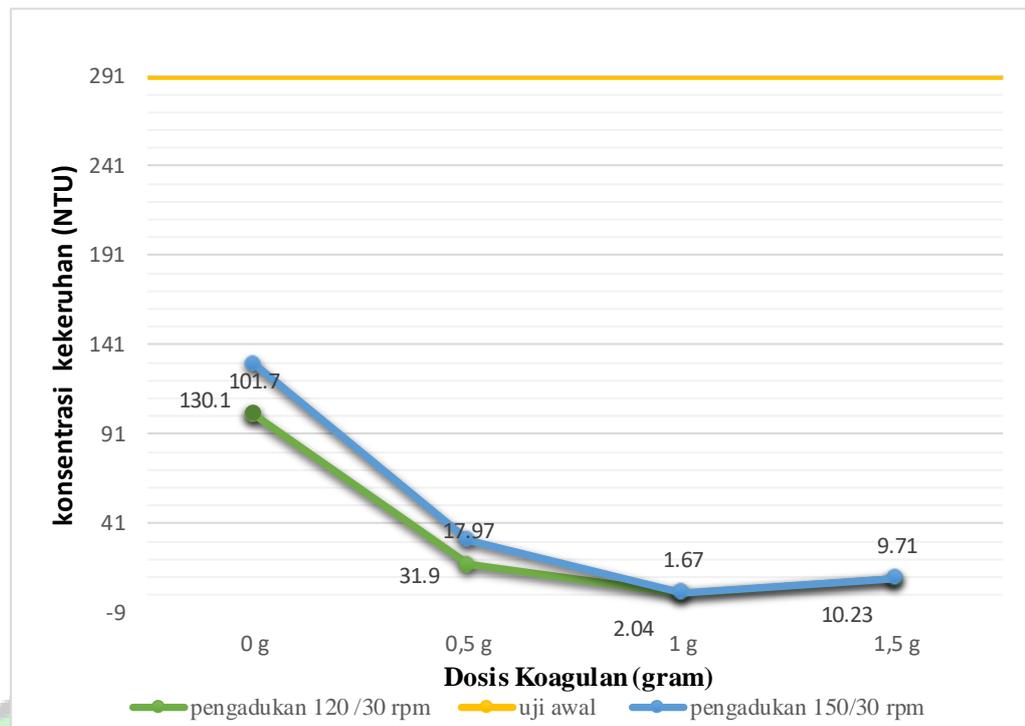
Parameter kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh pada saat uji pendahuluan yaitu sebesar 291 NTU. Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan metode uji jar test, dengan memvariasikan dosis biokoagulan serta kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi penurunan terhadap kadar kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengaruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kekeruhan pada limbah cair RPH Kota Banda Aceh

No	DOSIS	Kecepatan pengadukan	Kadar Turbidity awal (NTU)	Konsentrasi Turbidity Akhir (NTU)	Efisiensi (%)
1.	0 gram			101.7	53.56
2.	0,5 gram	120 Rpm		17.97	91.79
3.	1 gram	30 Rpm		1.67	99.24
4.	1,5 gram		291	9.71	95.57
5.	0 gram			130.1	40.59
6.	0,5 gram	150 Rpm		31.9	85.43
7.	1 gram	30 Rpm		2.04	99.07
8.	1,5 gram			10.23	95.33

(sumber : hasil penelitian di laboratorium, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan fluktuasi nilai parameter kekeruhan konsentrasi awal yaitu 291 NTU mengalami penurunan pada perlakuan kontrol dengan pengadukan 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm menjadi 101,7 NTU, terjadi penurunan pada dosis 0,5 g dan 1 g yaitu 17,97 NTU dan 1,67 NTU, pada dosis 1,5 terjadi kenaikan nilai kekeruhan yaitu 9,71 NTU. Sedangkan pada perlakuan control dengan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm nilai kekeruhan yaitu 130,1 NTU pada perlakuan kontrol, pada dosis 0,5 g dan 1 g terjadi penurunan nilai kekeruhan menjadi 31,9 NTU dan 2,04 NTU, pada penambahan biokoagulan 1,5 terjadi kenaikan nilai kekeruhan menjadi 10,23 NTU. Penyisihan kadar kekeruhan dengan beberapa variasi dosis biokoagulan dan variasi kecepatan pengadukan dapat dilihat pada grafik Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik penurunan kekeruhan

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan fluktuasi penurunan nilai parameter kekeruhan menunjukkan penambahan dosis biokoagulan yang semakin banyak membuat kadar kekeruhan semakin meningkat sehingga air menjadi lebih keruh. Hal ini disebabkan karena tidak semua partikel biokoagulan berikatan dengan pengotor dalam limbah cair RPH sehingga partikel biji kelor menjadi pengotor dalam wadah tabung reaksi. Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa setelah dosis optimum kadar kekeruhan mengalami kenaikan hingga mencapai nilai 10,23 NTU dimana hal tersebut melebihi kadar awal kekeruhan sebelum perlakuan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan biji kelor tertinggi adalah 89,64% untuk efisiensi penurunan TSS, 93,97% untuk efisiensi penurunan kadar COD dan 99,24% untuk efisiensi kadar Kekeruhan.
2. Kecepatan pengadukan cepat yang paling optimum untuk menurunkan konsentrasi TSS adalah pada kecepatan pengadukan cepat 150 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm. Pada pembubuhan dosis biokoagulan 2,5 g menurunkan kadar TSS menjadi 29 Mg/L. Sedangkan untuk parameter COD dan kekeruhan optimum pada kecepatan pengadukan 120 Rpm dan pengadukan lambat 30 Rpm dengan pembubuhan dosis biokoagulan 2 g menurunkan nilai COD menjadi 187 Mg/L dan dosis 1 g untuk parameter kekeruhan menurunkan nilai kekeruhan menjadi 1,67 NTU.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran untuk penelitian lebih lanjut adalah:

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk parameter lain seperti amoniak dan minyak lemak sehingga baku mutu limbah cair RPH UPTD RPH gampong pande sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014.
2. Dapat dilakukan variasi pengadukan lainnya
3. Dapat dilakukan pH adjustment untuk variasi pH untuk mendapatkan pH optimum
4. Penelitian selanjutnya dapat memvariasikan pengestraksi biokoagulan untuk mengurangi sedimen hasil koagulasi

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M. (2018). Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan *Moving Bed Biofilter Reaktor* (Mbbf). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.29080/alard.v4i1.365>
- Andiwijaya, A. F. (2018). *Alternatif koagulan alami sebagai pengganti atau pembantu aluminium sulfat pada proses pengolahan air minum*. 1–6.
- Angraini, S., Pinem, J. A., & Saputra, E. (2016). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Tekanan Pemompaan pada Kombinasi Proses Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.
- Aras, N. R. M., & Asriani. (2021). The Effectiveness of *Moringa oleifera* L. Seeds as A Biocoagulant in Reducing Liquid Waste of The Soft Drink Industry. *Jurnal Sainsmat*, 10(1), 42–52.
- Ashari, T. M. (2020). Proses Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Menggunakan Kombinasi Fitoremediasi Dan Koagulasi-Flokulasi. *Lingkar: Journal of Environmental Engineering*, 1(1), 7–18. <https://journal.ar-raniry.ac.id/index.php/lingkar/article/view/846>
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahaean, R. A., & Ritonga, M. Y. (2019). Pengaruh Kadar Air , dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13.
- Febrianto, R., & Widiono, B. (2020). Studi Literatur Penurunan Kadar Krom, TSS, Dan Turbidity Pada Limbah Cair Elektroplating Skala Rumahan Menggunakan Elektrokoagulator Katoda Berputar Secara Kontinyu. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 476–483. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.156>

- Herawati, A., Asti, R., Ismuyanto, B., & Hidayati, A. S. D. S. N. (2017). Pengaruh pH dan dosis koagulan ekstrak biji kelor dalam koagulasi terhadap pengurangan kekeruhan limbah cair. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, *1*(1), 28–31. <https://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/view/4/4>
- Hermida, L., Agustian, J., & Kurniasari, B. (2021). Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Jurnal Teknologi dan Inovasi industri*, *02*(02).
- Irmayana, I., Hadisantoso, E. P., & Isnaini, S. (2017). Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit. *Jurnal Istek*, *10*(2), 48–61. <http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/istek/article/view/1477/1039>
- Jannah, M. (2018). *Charakterisasi of Fruits and Seeds Moringa (Moringa oleifera Lam) In Salut Village Kayangan District North Lombok Regency Miftahul.* universitas mataram.
- Nisa, M. (2022). Pemanfaatan Tanaman Biji Kelor (*Moringa Oleifera Seeds*) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. In *uin ar-raniry*. UIN arraniry.
- Padmono, D. (2005). Alternatif Pengolahan Limbah Rumah Potong Hewan - Cakung (Suatu Studi Kasus). *J. Tek. Ling. P3TL. BPPT*, *6*(1), 303–310.
- Pandia, S., & Husin, A. (2009). Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. *Teknologi Proses*, *4*(2), 26–33.
- Putra, G. N. W., Kawuri, R., & Subagio, J. N. (2022). Potensi Konsorsium Bakteri Untuk Bioremediasi Limbah Cair Rumah Potong Hewan Pesanggaran Bali. *Simbiosis*, *10*(1), 42. <https://doi.org/10.24843/jsimbiosis.2022.v10.i01.p04>
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2018). Pengolahan Limbah Deterjen

Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan Pac. *Konversi*, 5(2), 13. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>

Rahman, A., Aziz, R., Indrawati, A., Usman, B., Rahman, M., Indrawati, A., & Usman, M. (2020). Pemanfaatan Beberapa Jenis Arang Aktif Sebagai Bahan Absorben Logam Berat Cadmiun (Cd) pada Tanah Sedimen Drainase Kota Medan Sebagai Media Tanam. *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 1(1), 42–54.

Rosmawanie, M., Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Pahazri, F., Amir-Hashim, M. K., & Nur-Shaylinda, M. Z. (2018). Sequestering of pollutants from public market wastewater using Moringa oleifera and Cicer arietinum flocculants. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2417–2428. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.035>

Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo Dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114. <https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>

Saputra, M., Viena, V., & Elvitriana. (2020). Efektivitas Biofilter Dari Media Sedotan Plastik Untuk Penyisihan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Kota Banda Aceh The Effectiveness Of Pipettes Waste Biofilter Media For The Removal Of Slaughterhouse Wastewater In Banda Aceh. *Jurnal TEKSAGRO*, 1(2), 30–38.

Sari Nina Devita. (2018). Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava L.*) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. *Skripsi*, 170205043, 1–127.

Setia, R., & Wijayanti, ernanin dhay. (2019). Aktivitas Antibakteri Yoghurt Daun

Kelor (*Moringa Oleifera*) Dan Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Terhadap *Escherichia Coli* Yoghurt. *Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang*.
<http://repository.poltekkespim.ac.id/id/eprint/393>

Setyawati, H., Sinaga, E. J., Wulandari, L. S., & Sandy, F. (2018). Efektifitas Biji Kelor Dan Tawas Sebagai Koagulan Pada Peningkatan Mutu Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 47–51.

Susanawati, L. D., Wirosodarmo, R., & Nasfhia, S. D. (2015). Analisa Potensi Penerapan Produksi Bersih di Rumah Pemotongan Hewan Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 22–30.

Syamsur, nurafiah nadia. (2018). *Pengolahan limbah cair laboratorium kimia dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dan koagula biji kelor*. UIN Alauddin Makassar.

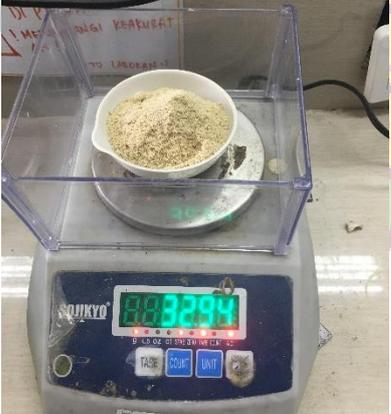
Wahyudi Agus. (2022). *Mengenal Lebih Jauh tentang IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal di Kabupaten Lampung Timur*. 2(1), 1–4.

Yasin, A. (2018). Manajemen Limbah Pabrik Karet Dalam Rangka Penurunan Kadar Bod (*Biological Oxygen Demand*). *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 7(1), 22–34. <https://doi.org/10.21009/jgg.071.02>

Yuliasri, I. R. (2010). Penggunaan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai koagulan dan flokulan dalam perbaikan kualitas air limbah dan air tanah. *UIN Syarif Hidayatullah Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi*, 2010.
<http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/3685>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Eksperimen

	
<p>Proses pencucian biji kelor</p>	<p>Penjemuran biji kelor</p>
	
<p>Penghalusan biji kelor menggunakan blender</p>	<p>Proses Pengayakan dengan saringan 40 mesh</p>
	
<p>Penimbangan serbuk biji kelor</p>	<p>Biji kelor dengan berbagai variasi dosis</p>



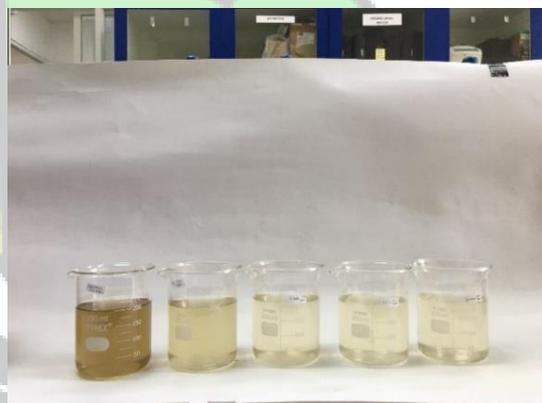
Sampel limbah cair RPH sebelum perlakuan



Proses koagulasi – flokulasi



Proses pengendapan selama 60 menit



Limbah RPH setelah perlakuan



Proses pemanasan sampel menggunakan COD reactor selama 2 jam



Proses pengukuran COD sampel limbah cair RPH menggunakan *COD meter*

	
<p>Proses peyaringan TSS menggunakan <i>Vacum Filtrasi 3 places</i></p>	<p>Perbandingan kertas saring dengan limbah dan aquades</p>
	
<p>Proses penimbangan kertas saring TSS menggunakan timbangan analitik</p>	<p>Proses pengukuran parameter pH</p>

Lampiran 2. Perhitungan TSS

Rumus perhitungan TSS:

$$\text{TSS (g/L)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

Keterangan :

A adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering

B adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (g)

1000 adalah konversi mililiter ke liter

V adalah volume contoh uji (L)

Pengujian awal

- Air limbah tanpa koagulan

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.133-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 280 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Pengadukan 120/30 Rpm

- Air limbah tanpa koagulan

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1205-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 155 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan koagulan 0,5 g

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1150-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 100 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 1 g

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1149-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 99 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 1,5 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1139-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 89 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 2 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1126-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 76 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 2,5 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1105-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 55 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 3 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1142-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 92 \text{ mg/L}$$

Pengadukan 150/30 Rpm

- Air limbah tanpa biokoagulan

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1164-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 114 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 0,5 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1161-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 111 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 1 g

$$\text{TSS (5g)} = \frac{A-B}{v} \times 1000$$

$$= \frac{1.1138-0.1050}{0.1} \times 1000$$

$$= 88 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 1,5 g

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1124-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 74 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 2 g

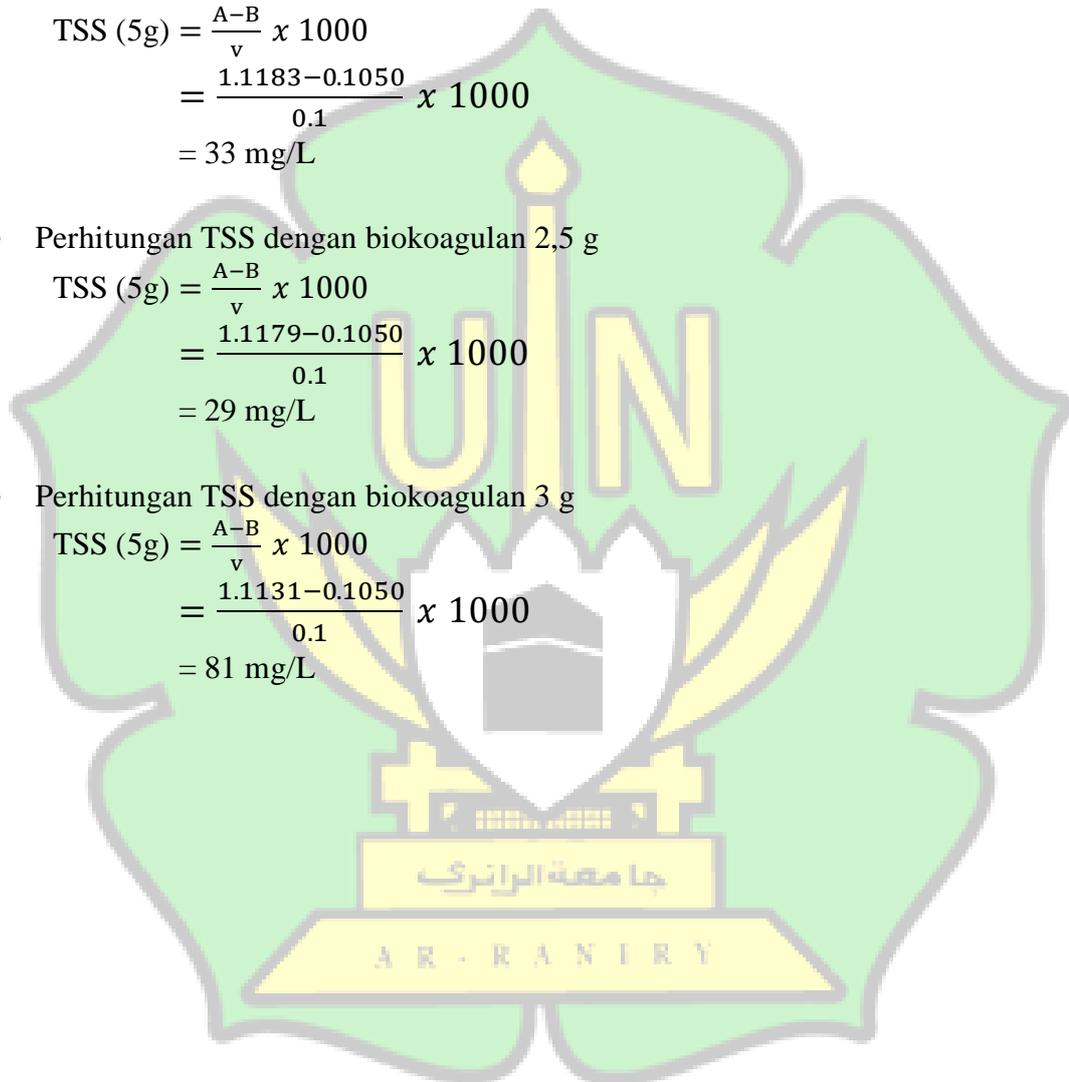
$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1183-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 2,5 g

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1179-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 29 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan TSS dengan biokoagulan 3 g

$$\begin{aligned} \text{TSS (5g)} &= \frac{A-B}{v} \times 1000 \\ &= \frac{1.1131-0.1050}{0.1} \times 1000 \\ &= 81 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas penurunan parameter TSS,COD dan Turbiditas

- **Menghitung persentase penurunan TSS pada dosis optimum (2,5 g/L) pada pengadukan 120/30 Rpm**

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\ &= \frac{280 \text{ mg/L} - 55 \text{ mg/L}}{280 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 80,36 \% \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- **Menghitung persentase penurunan TSS pada dosis optimum (2,5 g/L) pada pengadukan 150/30 Rpm**

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\ &= \frac{280 \text{ mg/L} - 29 \text{ mg/L}}{280 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 89,64 \% \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- **Menghitung persentase penurunan COD pada dosis optimum (2g/L) pada pengadukan 120/30 Rpm**

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\ &= \frac{3103 - 187}{3103} \times 100 \% \\ &= 93,97 \% \end{aligned}$$

- **Menghitung persentase penurunan COD pada dosis optimum (1g/L) pada pengadukan 150/30 Rpm**

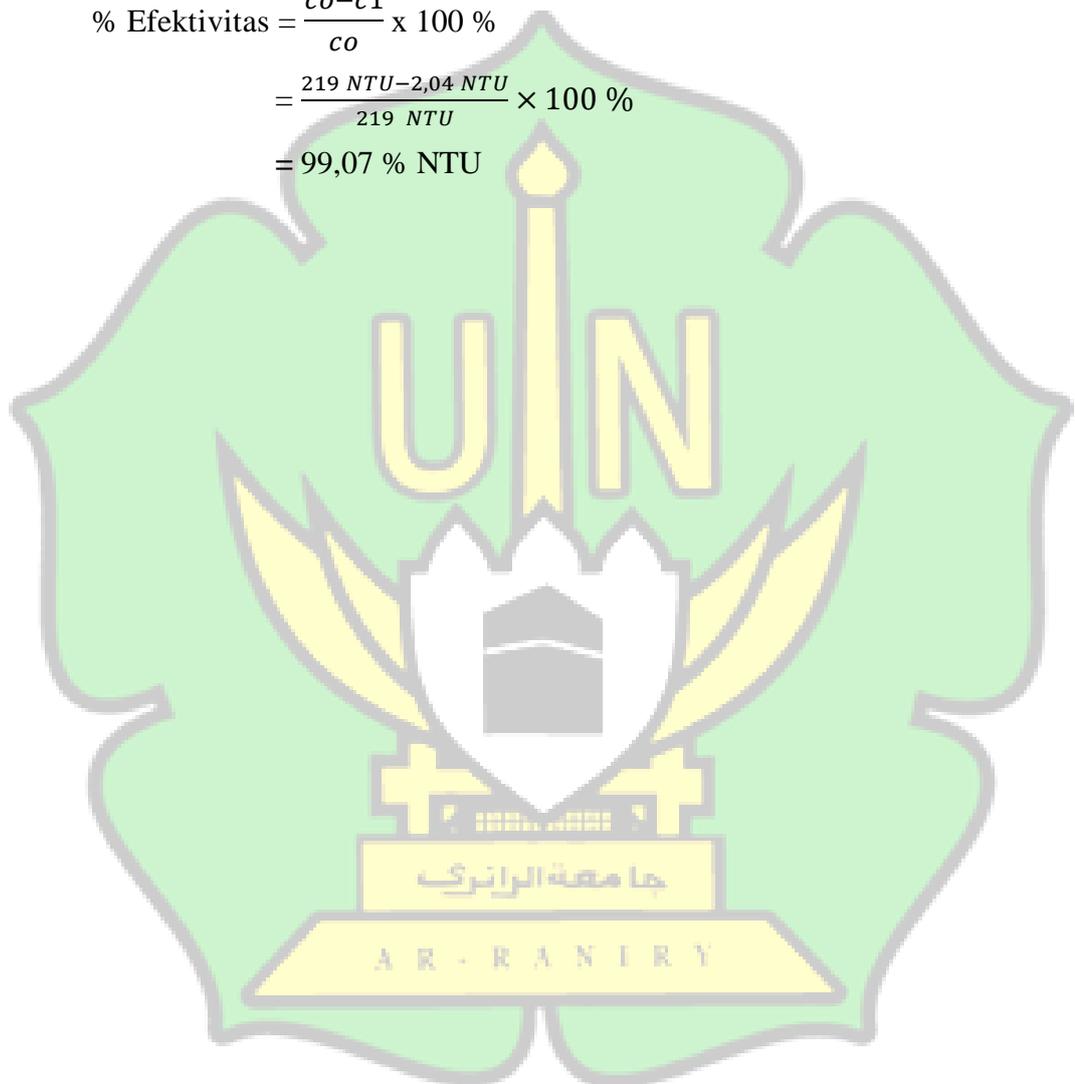
$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\ &= \frac{3103 - 192}{3103} \times 100 \% \\ &= 93,81 \% \end{aligned}$$

- **Menghitung persentase penurunan kekeruhan pada dosis optimum (1 g/L) pada pengadukan 120/30 Rpm**

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{219 \text{ NTU} - 1,69 \text{ NTU}}{219 \text{ NTU}} \times 100 \% \\
 &= 99,24 \% \text{ NTU}
 \end{aligned}$$

- Menghitung persentase penurunan kekeruhan pada dosis optimum (1 g/L) pada pengadukan 150/30 Rpm

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Efektivitas} &= \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{219 \text{ NTU} - 2,04 \text{ NTU}}{219 \text{ NTU}} \times 100 \% \\
 &= 99,07 \% \text{ NTU}
 \end{aligned}$$



Lampiran 4. Baku mutu



BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA

No.1815,2014

KEMEN LH. Baku Mutu Air Limbah.
Pencabutan

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 5 TAHUN 2014

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) huruf b, Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah;
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembar Negara Republik Indonesia Tahun 2009 nomor 140);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3816);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik

LAMPIRAN XLV
 PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 5 TAHUN 2014
 TENTANG
 BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
 RUMAH PEMOTONGAN HEWAN

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
NH ₃ -N	mg/L	25
pH	-	6 – 9
Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau dan kuda: 1.5 m ³ /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba: 0.15 m ³ /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk babi: 0.65 m ³ /ekor/hari		

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA,

BALTHASAR KAMBUAYA

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Lampiran 5. Metode Pengujian Berdasarkan SNI

a. Metode Pengambilan Sampel Air Limbah

SNI
Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.11:2019



4.5 Prosedur

- Bilas elektroda dengan air bebas mineral, selanjutnya keringkan dengan kertas tisu halus.
- Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil.
- Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.
- Catat suhu pada saat pengukuran pH dan laporkan hasil sesuai Lampiran A.
- Bilas kembali elektroda dengan air bebas mineral setelah pengukuran.

CATATAN Pengukuran pH contoh uji di lapangan dilakukan pada suhu yang disesuaikan berdasarkan batasan kemampuan alat.

5 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia berkualitas pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi dan terkalibrasi.
- Gunakan pH meter yang terkalibrasi.
- Lakukan penyimpanan dan pemeliharaan elektroda pH meter sesuai dengan manual alat.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan pengukuran segera (maksimum 15 menit setelah pengambilan contoh uji).
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5 % - 10 % per batch atau minimal 1 kali untuk contoh uji < 10 sebagai kontrol ketelitian analisis.
- Lakukan pengukuran duplo untuk kontrol ketelitian pengukuran dengan perbedaan pengukuran 0,1 satuan pH.

6 Bias dan presisi

Penggunaan pH meter dengan kondisi elektroda yang baik diperoleh presisi $\pm 0,02$ unit pH dan akurasi $\pm 0,05$ unit pH. Pada kondisi normal terutama untuk pengukuran air dan larutan yang kemampuan penyangga pH-nya kecil, nilai akurasi $\pm 0,1$ unit pH. Contoh perhitungan verifikasi metode ditunjukkan pada Lampiran B.

7 Rekomendasi

Kontrol akurasi

Buat *control chart* untuk akurasi pengukuran menggunakan *Certified Reference Material* (CRM).

- b. Metode pengujian koagulasi- flokulasi dengan *jar test*

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI



Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional. Salinan Standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan.

1. **Ruang Lingkup**
 - 1.1. Metode ini mencakup prosedur umum untuk mengevaluasi pengolahan dalam rangka mengurangi bahan-bahan terlarut, koloid, dan yang tidak dapat mengendap dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam proses koagulasi-flokulasi yang dilanjutkan dengan pengendapan secara gravitasi.
 - 1.2. Metode ini dilengkapi dengan evaluasi dan prosedur yang sistematis dari berbagai variabel yang biasa digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi.
 - 1.3. Standar ini tidak dimaksudkan untuk hal-hal yang berkaitan dengan keamanan. Bila ada, digabungkan dengan penggunaan. Hal ini menjadi tanggung jawab pemakai standar ini, untuk menetapkan kondisi keamanan dan kesehatan yang layak (tepat) dan menentukan batasan penerapan peraturan sebelum digunakan.

2. **Acuan**

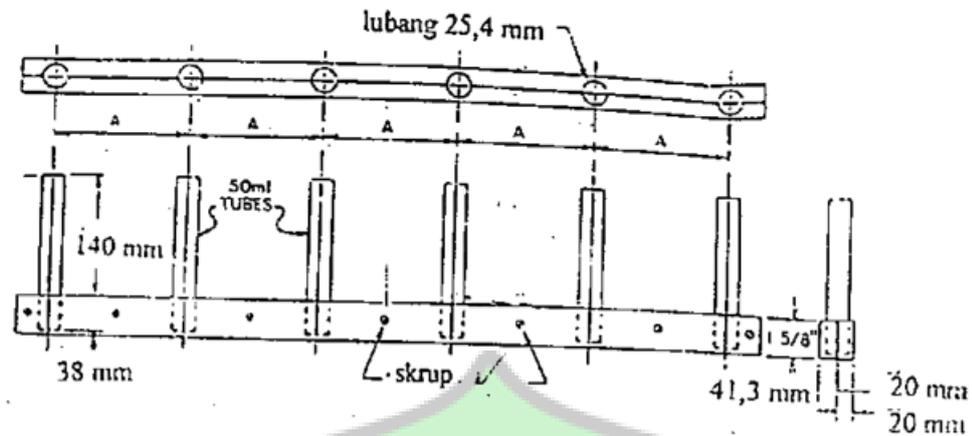
- 2.1. **Standar ASTM**
 - ASTM D 1129 Terminologi Relating to Water²
 - ASTM D 1192 Specification for Equipment for Sampling Water and Steam²
 - ASTM D 1193 Specification for Reagent Water²
 - ASTM D 1293 Test Methods for pH of Water²
 - ASTM D 1889 Test Methods for Turbidity of Water²
 - ASTM D 3370 Practices for Sampling Water²
2. **Standar Nasional Indonesia**
 - SNI 06-2412-1991 : Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air
 - SNI 06-2413-1991 : Metode Pengujian Kualitas Fisika Air
 - SNI 06-2420-1991 : Metode Pengujian Keasaman dalam Air

Pengertian

Yang dimaksud dengan :

- 1) **bahan terlarut** adalah bahan hanya berupa gas pada fasa zat cair yang menyebar dalam air yang homogen;
- 2) **bahan-bahan tetap** adalah sisa-sisa dari pembakaran partikel atau bahan teralut atau keduanya;
- 3) **pH** adalah derajat keasaman akibat dari aktivitas ion hidrogen dalam air;
- 4) **waktu ditensi** adalah waktu pengambilan contoh uji sampai bagian bahan yang terkandung di dalam;
- 5) **total bahan** adalah jumlah dari partikel dan bahan terlarut;
- 6) **bahan melayang (koloid)** adalah bahan yang berubah sifat seperti gas pada saat uji;
- 7) **kekeruhan** adalah penurunan dari transparansi contoh uji air akibat adanya bahan partikel;
- 8) **koagulasi** adalah proses pembubuhan bahan kimia (koagulan) ke dalam air yang akan di olah;
- 9) **flokulasi** adalah proses penggumpalan bahan terlarut, koloid, dan yang tidak dapat mengendap dalam air.

4. **Ringkasan**
- 4.1 Uji koagulasi-flokulasi dilaksanakan untuk menentukan dosis bahan-bahan kimia, dan persyaratan yang digunakan untuk memperoleh hasil yang optimum. Variabel-variabel utama yang dikaji termasuk sesuai yang disarankan, selain itu termasuk juga :
- 1) Bahan kimia pembantu
 - 2) pH
 - 3) Temperatur
 - 4) Persyaratan tambahan dan kondisi campuran
5. **Kegunaan**
- 5.1. Metode uji ini digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis koagulan dan koagulan pembantu pada proses pengolahan air bersih dan air limbah.
- 5.2. Pengaruh konsentrasi koagulan dan koagulan pembantu dapat juga dievaluasi dengan metode ini.
6. **Gangguan**
- 6.1. gangguan yang mungkin terjadi pada kondisi uji jar optimum adalah sebagai berikut :
- 6.1.1. Perubahan temperatur
Panas atau pancaran arus panas yang terjadi, dapat mengganggu pengendapan flok. Hal ini dapat dicegah dengan pengendalian temperatur.
 - 6.1.2. Pelepasan gas
Flok-flok yang mengapung dapat terjadi sehubungan dengan terbentuknya gelembung gas yang disebabkan oleh pengaduk mekanis, peningkatan temperatur atau reaksi kimia.
 - 6.1.3. Periode pengujian
Aktivitas biologi atau faktor-faktor lainnya dapat merubah sifat proses koagulasi menjadi lebih lama. Untuk mencegah hal ini, periode pengambilan contoh uji dan pengujian harus dijaga seminimal mungkin dengan melakukan pencatatan waktu.
7. **Peralatan**
- 7.1. **Pengaduk**
Pengaduk multi posisi dengan menggunakan kecepatan kontinu dengan variasi 20 sampai dengan 150 Rpm. Baling-baling pengaduk harus terbuat dari bahan ringan dan tahan terhadap korosi, dengan ukuran dan bentuk yang sama. Dasar yang bercahaya berguna untuk melihat pembentukan flok. Pencahayaan harus dilakukan secara hati-hati, untuk menghindari panas yang timbul, yang dapat mengganggu proses pengendapan.
- 7.2. **Gelas Kimia**
Gelas kimia mempunyai ukuran dan bentuk yang sama, dengan ukuran yang disarankan minimal 1000 mL.
- 7.3. **Rak Pereaksi**
Ade untuk memasukkan setiap larutan uji kedalam gelas kimia secara serempak. Sebaiknya harus tersedia satu buah rak untuk setiap larutan atau suspensi (lihat gambar 1).



Keterangan :

A : adalah jarak antara sumbu tabung

Tabung : adalah tipe comparator berwarna, ukuran 25,4 mm, tinggi 177,8 mm

Rak : adalah terbuat dari kayu, ukuran 2 x 25,4 - 16 mm

Gambar. 1

Rak Pereaksi untuk Peralatan Penentuan Koagulasi-Flokulasi Uji Jar Dengan Pengaduk Multi Posisi

8. Fereaksi
- 8.1. Kemurnian Pereaksi
Mutu pereaksi kimia yang digunakan berkualitas P.A. (Pro analisis)
- 8.2. Kemurnian air
Kemurnian air, kecuali jika ditentukan lain yang digunakan untuk mempersiapkan pereaksi adalah harus diartikan sebagai air reagen tipe IV yang sesuai dengan spesifikasi ASTM D 1193.
- 8.3. Bahan kimia dan bahan pembantu
Digunakan untuk larutan dan suspensi pengujian, kecuali koagulan pembantu dapat dipersiapkan setiap akan digunakan dengan membuat larutan sampai mencapai konsentrasi 10 gr/L (1 mL larutan atau suspensi uji yang ditambahkan untuk 1 L contoh uji akan menjadi 10 mg/L).

Macam-macam koagulan terdiri dari :

1. Koagulan utama
 - Aluminium Sulfat [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$]
 - Ferri Sulfat [$Fe_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$]
 - Ferri Khlorida [$FeCl_3 \cdot 6H_2O$]
 - Ferro Sulfat [$FeSO_4 \cdot 7H_2O$]
 - Magnesium Karbonat [$MgCO_3 \cdot 3H_2O$]
 - Natrium Aluminat [$NaAlO_2$]
2. Koagulan pembantu
 - Silika aktif
 - Anionik (Polyelectrolytes)
 - Kationik (Polyelectrolytes)
 - Nonionik Polymer

3. Zat oksidasi
 - Klorin (Cl_2)
 - Klorin dioksida (ClO_2)
 - Kalium permanganat ($KMnO_4$)
 - Kalsium hipoklorit [$CaCl(ClO).4H_2O$]
 - Natrium hipoklorit ($NaClO$)
 4. Alkali
 - Kalsium karbonat ($CaCO_3$)
 - Kapur dolomit (58% CaO , 40% MgO)
 - Kapur hidrat [$Ca(OH)_2$]
 - Magnesium oksida (MgO)
 - Natrium karbonat (Na_2CO_3)
 - Natrium hidroksida ($NaOH$)
 5. Zat pemberat
 - Bentonit
 - Kaolin
 - Tanah liat dan mineral lainnya.
 6. Lain-lain
 - Karbon aktif (serbuk)
- 8.4. Koagulan pembantu
- Dalam perdagangan tersedia berbagai macam koagulan pembantu atau polielektrolit. Semua polielektrolit terbagi atas anion, kation, nonanion tergantung dari komposisinya. Koagulan pembantu mempunyai kemampuan untuk membuat flok yang besar, kuat, mudah mengendap jika digunakan sendiri atau bersama-sama dengan koagulan anorganik. Dosis kecil koagulan pembantu (< 1mg/L) dapat mengurangi atau mengganti koagulan sama sekali. Jadi dalam hal ini, polielektrolit dianggap sebagai koagulan utama. Koagulan pembantu dapat berbentuk serbuk dan cairan. Koagulan pembantu serbuk harus dipersiapkan, dalam bentuk larutan 0,1%. Menambahkan (serbuk) kedalam air pelarut sambil diaduk sampai larut seluruhnya. Kecuali ada petunjuk lain dari pabrik untuk mempermudah pelarutan.
9. Pengambilan Contoh Uji

Kumpulkan contoh air yang akan diuji sesuai dengan SNI 06-2412-1991 : Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air.
 10. Prosedur
 - 10.1. Masukkan volume contoh uji yang sama (1000 mL) kedalam masing-masing gelas kimia. Contoh sesuai dengan jumlah pengaduk multi posisi. Tempatkan gelas hingga baling-baling pengaduk berada 6,4 mm dari dinding gelas. Catat temperatur contoh pada saat pengujian dimulai.
 - 10.2. Letakkan bahan (kimia) uji pada pereaksi, gunakan satu rak untuk seri bahan uji yang akan ditambahkan, isi tabung dalam rak sampai volume 10 ml sebelum digunakan. Terdapat kemungkinan di mana diperlukan volume pereaksi yang lebih besar, untuk hal tersebut isi seluruh tabung dengan air sampai mencapai volume pereaksi tersebut dalam rak.

- 10.3. Operasikan pengaduk multi posisi pada pengadukan cepat dengan kecepatan kira-kira 120 Rpm. Tambahkan larutan atau suspensi pada setiap penentuan dosis yang telah ditentukan sebelumnya. Pengadukan kira-kira selama 1 menit setelah penambahan bahan kimia. Catat waktu dan kecepatan pencampuran (Rpm).
- 10.4. Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan minimal, untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit. Catat waktu pembentukan flok yang pertama kali setiap 5 menit selama pengadukan lambat. Catat ukuran flok relatif dan kecepatan pencampuran (Rpm). Bila koagulan pembantu dipakai, kecepatan pencampuran dalam kondisi kritis karena kecenderungan akan memecah pada pembentukan awal flok, penambahan koagulan pembantu akan gagal.
- 10.5. Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat pengendapan partikel flok. Catat waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan gumpalan partikel. Pencatatan dimulai pada saat air dalam keadaan diam.
- 10.6. Setelah 15 menit pengendapan, catat bentuk flok pada dasar gelas dan catat temperatur contoh uji. Dengan menggunakan pipet atau siphon, keluarkan sejumlah cairan supernatan yang sesuai sebagai contoh uji untuk penentuan warna, kekeruhan, pH dan analisis lainnya.
- Catatan :
- Penentuan warna, kekeruhan merujuk SNI 06-2413-1991: Metode Pengujian Kualitas Fisika Air;
 - Penentuan pH merujuk SNI 06-2420-1991 : Metode Pengujian Keasaman dalam Air dengan Titrimetri;
 - Pengujian Sisa bahan kimia harus dilakukan, contoh Alum, residu Fe_2O_3 , dan seterusnya.
 - Formulir untuk mencatat hasil pengujian dapat dilihat pada tabel I Lampiran B.
- 10.7. Ulangi langkah pada butir 10.1. sampai 10.6. sampai semua variabel penentu ter-
evaluasi.
- 10.8. Waktu yang diberikan pada 10.3, 10.4 dan 10.6 sesuai kebutuhan dan tidak mengikat.
11. **Ketelitian Hasil**
Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti prosedur berpasangan 3 dan 3 jar dianjurkan. Dalam prosedur ini perlakuan 3 pasang jar dilakukan secara bersamaan dengan dosis kimia yang sama, misalnya 1 dan 4, 2 dan 5, 3 dan 6.

Lampiran A

Daftar Istilah

Flok : gumpalan partikel - partikel atau bahan - bahan terlarut akibat dari proses flokulasi

c. Metode Pengujian TSS

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.3-2004



SNI 06-6989.3-2004

- f) gelas ukur;
- g) cawan aluminium;
- h) cawan porselen/cawan *Gooch*;
- i) penjepit;
- j) kaca arloji; dan
- k) pompa vacum.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh uji

Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.

3.4.2 Pengawetan contoh

Awetkan contoh uji pada suhu 4°C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.

3.4.3 Pengurangan gangguan

- a) Pisahkan partikel besar yang mengapung.
- b) Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batas contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
- c) Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
- d) Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan kertas saring atau cawan *Gooch*

- a) Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- b) Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan.
- c) Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- d) Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

3.6 Prosedur

- a) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik

- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

3.7 Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

A adalah berat kertas saring + residu kering, mg;

B adalah berat kertas saring, mg.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- a) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- b) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- c) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 24 jam

4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- b) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different* atau RPD) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah di bawah 5%, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{RPD} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

X₁ adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

d. Metode Pengujian COD

SNI
Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.2:2009



Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional



SNI 6989.2:2009

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak (400 nm sampai dengan 700 nm);
- b) kuvet;
- c) *digestion vessel*, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (*heating block*);

CATATAN Jangan menggunakan oven.

- e) buret;
- f) labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; 250,0 mL; 500,0 mL dan 1000,0 mL;
- g) pipet volumetrik 5,0 mL; 10,0 mL; 15,0 mL; 20,0 mL dan 25,0 mL;
- h) gelas piala;
- i) *magnetic stirrer*, dan
- j) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh uji

- a) homogenkan contoh uji;

CATATAN Contoh uji dihaluskan dengan blender bila mengandung padatan tersuspensi.

- b) cuci *digestion vessel* dan tutupnya dengan H_2SO_4 20 % sebelum digunakan;

3.4.2 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam pendingin pada temperatur $4\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ dengan waktu simpan maksimum yang direkomendasikan 7 hari.

3.5 Pembuatan larutan kerja

Buat deret larutan kerja dari larutan induk KHP dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional yang berada pada rentang pengukuran.

3.6 Prosedur

3.6.1 proses *digestion*

- a) pipet volume contoh uji atau larutan kerja, tambahkan *digestion solution* dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

SNI 6989.2:2009

Tabel 1 - Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam *digestion vessel*

<i>Digestion Vessel</i>	Contoh uji (mL)	<i>Digestion solution</i> (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul:				
10 mL	2,50	1,50	3,5	7,5

- b) tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen;
 c) letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150 °C, lakukan refluks selama 2 jam.

CATATAN Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan menyebabkan ledakan tinggi pada suhu 150 °C.

3.6.2 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- hidupkan alat dan optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD. Atur panjang gelombangnya pada 600 nm atau 420 nm;
- ukur serapan masing-masing larutan kerja kemudian catat dan plotkan terhadap kadar COD;
- buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.7.1.b) di atas dan tentukan persamaan garis lurusnya;
- jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.7.1 a) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

3.6.3 Pengukuran contoh uji

3.6.3.1 Untuk contoh uji COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L

- dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;
- biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih;
- ukur serapan contoh uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (600 nm);
- hitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi;
- lakukan analisa duplo.

3.6.3.2 Untuk contoh uji COD lebih kecil dari atau sama dengan 90 mg/L

- dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;
- biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih;
- gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi;
- ukur serapannya contoh uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm);
- hitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi;
- lakukan analisa duplo.

CATATAN Apabila kadar contoh uji berada di atas kisaran pengukuran, lakukan pengenceran.

e. Metode Pengujian Turbiditas

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.25-2005



SNI 06-6989.25-2005

- e) suspensi baku kekeruhan 40 NTU
 Encerkan 10 mL suspensi induk kekeruhan 4000 UKN menjadi 1000 mL dengan air suling.

CATATAN Slapkan suspensi baku ini setiap kali pengujian.

3.3 Peralatan

- nefelometer;
- gelas piala;
- botol semprot;
- pipet volume 5 mL dan 10 mL;
- neraca analitik; dan
- labu ukur 100 mL dan 1000 mL.

3.4 Prosedur pengujian

3.4.1 Kalibrasi nefelometer

- optimalkan nefelometer untuk pengujian kekeruhan, sesuai petunjuk penggunaan alat;
- masukkan suspensi baku kekeruhan (misalnya 40 NTU) ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- atur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku (misalnya 40 NTU).

3.4.2 Penetapan contoh uji

- cuci tabung nefelometer dengan air suling;
- kocok contoh dan masukkan contoh ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- catat nilai kekeruhan contoh yang teramat.

3.5 Perhitungan

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times f_p$$

dengan pengertian:

- A adalah kekeruhan dalam NTU contoh yang diencerkan;
 f_p adalah faktor pengenceran.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia *pro analysis* (p.a).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminan.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.