

**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR AYAM RAS SEBAGAI
BIOKOAGULAN DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK (*GREY WATER*) GAMPONG PUNGE
BLANG CUT KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

BIMANTARA AKBAR CAHYADINATA

NIM. 190702083

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M /1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR AYAM RAS SEBAGAI BIOKOAAGULAN
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (*GREY WATER*) GAMPONG
PUNGE BLANG CUT KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:
BIMANTARA AKBAR CAHYADINATA
NIM. 190702083
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

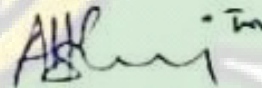
Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

Pembimbing II



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG TELUR AYAM RAS SEBAGAI BIOKOAGULAN
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (*GREY WATER*) GAMpong
PUNGE BLANG CUT 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 Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

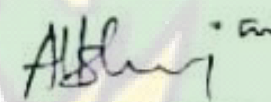
Pada Hari/Tanggal: Kamis/ 21 - Desember 2023
Kamis/ 8 Jumadil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua


Sekretaris

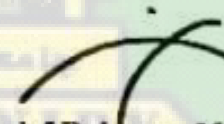

Mulvadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2013128901


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2016067801

Penguji I

Penguji II


Suardi Nur, ST., Ph.D.
NIDN. 2010108103


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Nama : Bimantara Akbar Cahyadinata
NIM : 190702083
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Biokoagulan
Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik (*Grey Water*)
Gampong Punge Blang Cut 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 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 benar 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, 21 Desember 2023

Yang Menyatakan,




Bimantara Akbar Cahyadinata

ABSTRAK

Nama : Bimantara Akbar Cahyadinata
NIM : 190702083
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Air Limbah Domestik (*Grey Water*) Gampong Punge Blang Cut Kota Banda Aceh
Jumlah Halaman : 80
Pembimbing I : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Kata Kunci : Biokoagulan, Koagulasi-Flokulasi, Cangkang telur ayam ras, Air Limbah Domestik.

Air limbah domestik mengandung berbagai macam zat kimia, sebagian di antaranya berbahaya bagi kesehatan manusia atau lingkungan. Limbah yang dibuang tanpa adanya pengolahan dapat menimbulkan dampak yang merugikan. Pemanfaatan cangkang telur ayam ras sebagai biokoagulan dapat mengurangi kadar pencemar pada air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar COD, TSS, dan Kekeruhan, serta penyesuaian kadar pH wilayah Gampong Punge Blang Cut yang terletak di Kota Banda Aceh. Pengolahan limbah dilakukan dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan metode jar test. Pada penelitian ini variasi dosis koagulan yang digunakan adalah 0 g/L, 0,25 g/L, 0,5 g/L, 0,75 g/L, 1 g/L dan 1,25 g/L dengan variasi kecepatan pengadukan 120 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit) dan 150 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cangkang telur ayam ras dapat digunakan dalam pengolahan air limbah domestik. Hasil terbaik di dapatkan pada pengadukan cepat 150 rpm dimana parameter TSS dan Turbiditas dengan hasil terbaik didapatkan pada dosis 0,75 g/L dengan efektivitas 73,43% dan 65,62% atau dapat menurunkan kadar TSS menjadi 34 mg/L dan Turbiditas menjadi 69,1 NTU, sedangkan hasil terbaik parameter COD di dapatkan pada dosis 0,5 g/L dengan efektivitas 77,01% atau dapat menurunkan kadar COD menjadi 97 mg/L, serta mampu menyesuaikan pH menjadi 7,8 dengan dosis terbaik 1 g/L dan 1,25 g/L. Hasil parameter TSS belum memenuhi baku mutu dan untuk parameter COD sudah memenuhi baku mutu Permen LHK No P.68 Tahun 2016.

ABSTRACT

Name : Bimantara Akbar Cahyadinata
NIM : 190702083
Majoring : Environmental Engineering
Title : Utilization of Purebred Chicken Egg Shells as a Biocoagulant in the Treatment of Domestic Wastewater (Grey Water) Gampong Punge Blang Cut Banda Aceh City
Number of Page : 80
Supervisor I : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
Supervisor II : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Keyword : Biocoagulants, Coagulation-Flocculation, Chicken egg shells, Domestic Wastewater.

Domestic wastewater contains a variety of chemicals, some of which are harmful to human health or the environment. Waste that is disposed of without processing can have detrimental impacts. Utilizing broiler egg shells as a biocoagulant can reduce pollutant levels in wastewater. This research aims to determine the reduction in COD, TSS and turbidity levels, as well as adjusting the pH levels in the Gampong Punge Blang Cut area which is located in Banda Aceh City. Waste processing is carried out by a coagulation-flocculation process using the jar test method. In this study, various coagulant doses used were 0 g/L, 0.25 g/L, 0.5 g/L, 0.75 g/L, 1 g/L and 1.25 g/L with variations in stirring speed. 120 rpm (2 minutes) + 30 rpm (30 minutes) and 150 rpm (2 minutes) + 30 rpm (30 minutes). The results of this research indicate that purebred chicken egg shells can be used in domestic wastewater treatment. The best results were obtained at fast stirring at 150 rpm where the TSS and Turbidity parameters with the best results were obtained at a dose of 0.75 g/L with an effectiveness of 73.43% and 65.62% or it could reduce the TSS level to 34 mg/L and the Turbidity to 69.1 NTU, while the best results for COD parameters were obtained at a dose of 0.5 g/L with an effectiveness of 77.01% or could reduce COD levels to 97 mg/L, and were able to adjust the pH to 7.8 with the best dose of 1 g/L. L and 1.25 g/L. The TSS parameter results do not meet the quality standards and the COD parameters already meet the quality standards of Minister of Environment and Forestry Regulation No. P.68 of 2016..

KATA PENGANTAR

Syukur *Alhamdulillah* penulis panjatkan kehadirat Allah Swt. Yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk-Nya dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Air Limbah Domestik (*Grey Water*) Gampong Punge Blang Cut Kota Banda Aceh**”. *Shalawat* dan salam penulis tujukan kepada Nabi Muhammad saw. Yang mencintai umatnya tanpa memilih dan persyaratan.

Selesaiannya tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan kedua orang tua saya, Ayahanda dan Ibunda yang telah memberikan doanya serta memberikan semangat di setiap langkah kepada penulis. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis sangat banyak mendapatkan bimbingan, pengarahan, serta dukungan, fasilitas dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan segala ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc. selaku Pembimbing I yang telah memotivasi, membimbing, memberi nasihat, ilmu dan waktu selama masa bimbingan tugas akhir.
5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku Pembimbing II yang telah memotivasi, membimbing, memberi nasihat, ilmu dan waktu selama masa bimbingan tugas akhir.
6. Bapak Suardi Nur, ST., Ph.D selaku Penguji I pada Sidang Munaqasyah tugas akhir, yang telah banyak memberikan saran pada penulisan tugas akhir.
7. Bapak Arief Rahman, M.T selaku penguji II Sidang Munaqasyah tugas akhir, yang telah banyak memberikan saran pada penulisan tugas akhir.

8. Ibu Firda Elvisa, S.E. yang telah banyak membantu dalam proses administrasi Prodi Teknik Lingkungan.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd. yang telah membantu selama proses penelitian di laboratorium Teknik Lingkungan.

Terimakasih juga kepada seluruh dosen dan staf Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, serta kepada teman-teman maupun semua pihak yang terlibat, dimana telah memberi dukungan, saran, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa selama penulisan tugas akhir ini banyak terdapat kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun dari semua pihak pembaca.

Akhirnya, hanya kepada Allah penulis mohon ampun, semoga selalu diberikan hidayah dan ridha-Nya kepada penulis dan kita semua. Semoga tulisan ini berguna bagi para pembaca sebagai pengetahuan. Aamiin.

Banda Aceh, 21 Desember 2023

Penulis,

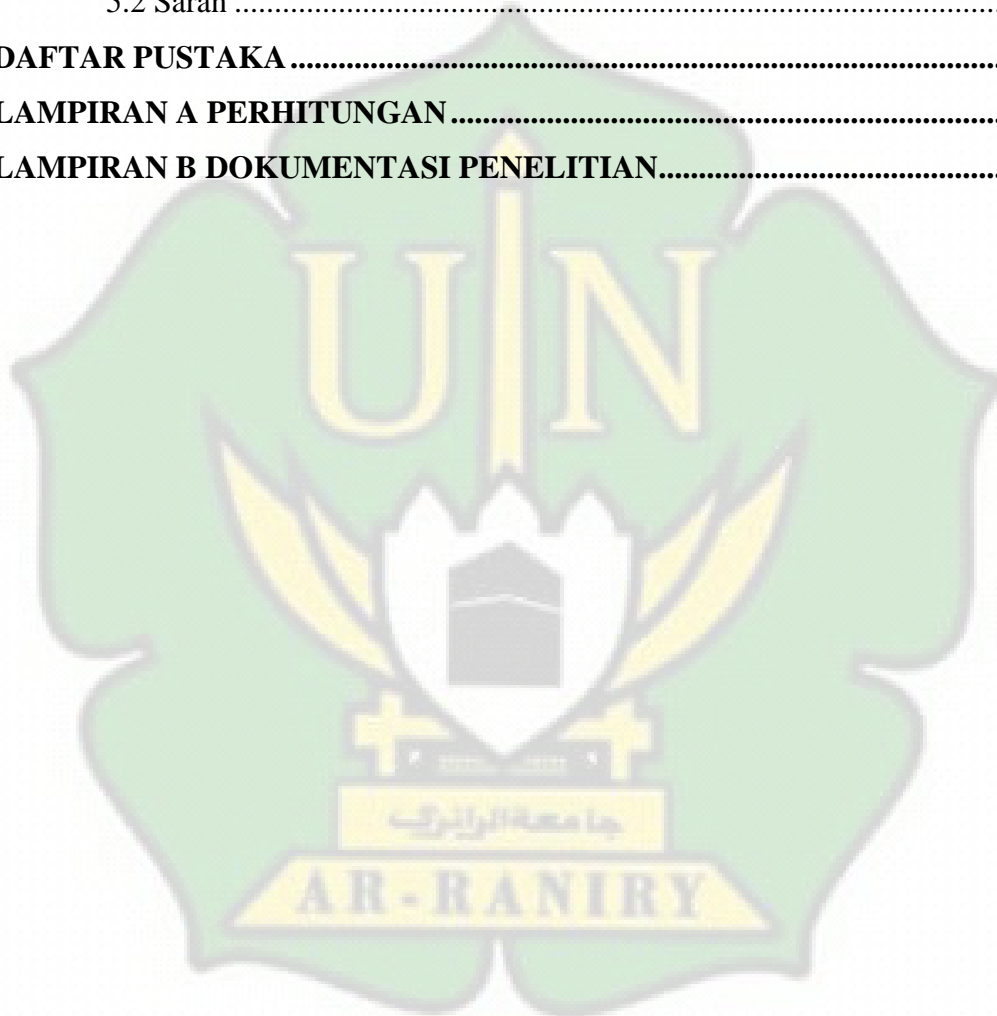
Bimantara Akbar Cahyadinata

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Air Limbah domestik	6
2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
2.2.1 Derajat Keasaman (pH)	7
2.2.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	7
2.2.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	8
2.2.4 Turbiditas	8
2.3 Penelitian Terdahulu	9
2.4 Koagulasi dan Flokulasi.....	13
2.4.1 Pengertian Koagulasi	13
2.4.2 Pengertian Flokulasi	14
2.5 Biokoagulan	14
2.6 Cangkang Telur.....	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Tahapan Umum Penelitian.....	18
3.2.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
3.2.2 Diagram Alir Prosedur Kerja.....	19
3.3 Jenis Penelitian.....	20
3.4 Pengambilan Sampel.....	20
3.5 Alat dan Bahan.....	21
3.5.1 Alat.....	21
3.5.2 Bahan.....	22
3.6 Variabel Penelitian.....	22
3.7 Rangkaian Matrik Penelitian.....	24
3.8 Prosedur Penelitian	25
3.8.1 Persiapan Biokoagulan	25
3.8.2 Pengujian Biokoagulan	25
3.9 Pengujian Sampel.....	26
3.9.1 Pengujian pH.....	26
3.9.2 Pengujian COD	26
3.9.3 Pengujian TSS.....	27
3.9.4 Pengujian Turbiditas	28
3.10 Analisis Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Karakteristik Awal Air Limbah Domestik	29
4.2 Hasil Pengolahan Air Limbah Domestik	30
4.3 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai COD	31
4.4 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai TSS	34
4.5 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai Turbiditas	38

4.6 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai pH.....	42
4.7 Strategi Untuk Menurunkan TSS.....	45
BAB V PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN A PERHITUNGAN.....	55
LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENELITIAN.....	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cangkang Telur.....	15
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	17
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
Gambar 3.3	Diagram Alir Prosedur Kerja	19
Gambar 3.4	(a) Lokasi Air Limbah Domestik, (b) Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik	21
Gambar 4.1	Setelah Pengendapan 60 menit	30
Gambar 4.2	Hasil Sedimentasi	30
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengaduk Cepat Terhadap Kadar COD	32
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi COD	33
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan kecepatan pengaduk cepat Terhadap Kadar TSS.....	35
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi TSS	37
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengaduk Cepat Terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan.....	39
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi Turbiditas	41
Gambar 4.9	Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Perubahan Kadar pH.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 3.1 Alat-Alat Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Bahan-Bahan Penelitian.....	22
Tabel 3.3 Variabel Penelitian.....	22
Tabel 3.4 Rangkaian Matrik Perlakuan.....	24
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Domestik (<i>grey water</i>) Sebelum Perlakuan.....	29
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter COD Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan Cepat.....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter TSS Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan.....	35
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Turbiditas Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan Cepat.....	38
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Parameter pH Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air memegang peranan penting dalam kehidupan dan menjadi sumber kebutuhan utama bagi seluruh makhluk hidup di bumi (Yuliani dan Imaningsih, 2020). Kebutuhan air yang paling umum digunakan ialah untuk mandi, memasak, mencuci dan minum. Seiring populasi manusia terus bertambah dan pemukiman berkembang dengan pesat, maka menyebabkan tingginya potensi jumlah buangan limbah yang ditimbulkan oleh aktivitas dalam kegiatan rumah tangga. Menurut Tarigan (2019), hal ini berdampak signifikan baik terhadap volume maupun karakteristik air.

Walaupun berdasarkan data Survei Geologi Amerika Serikat (USGS), diperkirakan sekitar 72% permukaan bumi ditutupi oleh air, tetapi 97,5 % air di bumi adalah air laut yang tidak layak untuk dikonsumsi karena kandungan garamnya yang tinggi. Hanya 2,5% sisanya merupakan air tawar yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Dari 2,5% sisanya itu, hanya 0,003% yang dapat dimanfaatkan, hal ini disebabkan oleh sebagian besar air tawar di bumi tersimpan dalam bentuk es dan gletser atau endapan salju. Berdasarkan kajian literatur diperkirakan volume air global saat ini, yaitu sekitar 326 juta mil kubik atau 1.358.827.275,09 km³ (1,36 miliar km³). Dalam pemanfaatan sumber daya air tawar menyebabkan timbulnya limbah domestik dan industri, seringkali dibuang langsung ke ekosistem perairan, sehingga menyebabkan penurunan kualitas air (Tarigan, 2019).

Limbah yang berasal dari berbagai aktivitas rumah tangga disebut limbah domestik, baik berupa padat maupun cair. Air limbah domestik mencakup dua jenis, yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan air buangan yang berasal dari bekas cucian piring, kamar mandi, dapur dan cucian pakaian. Sedangkan *black water* air limbah yang berasal dari toilet. Menurut Irsam (2022), Sekitar 60% sampai 70% pencemaran di lingkungan perairan disebabkan oleh air

limbah domestik yang dihasilkan dari beragam aktivitas pemukiman. Air limbah domestik mengandung berbagai macam bahan kimia, sebagian di antaranya berbahaya bagi kesehatan manusia atau lingkungan. Air limbah domestik memiliki berbagai kandungan zat organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, sabun, dan sisa metabolisme dalam bentuk partikel tersuspensi dimana semuanya merupakan bagian dari campuran penyusun air limbah domestik. Sebagian besar masyarakat membuang air sisa kegiatan rumah tangga langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu dan tidak memperhatikan dampak yang akan ditimbulkan. Sehingga sangat perlu metode pengolahan air limbah domestik lebih lanjut untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan (Nasihah dkk., 2018).

Pengolahan air limbah yang tepat dapat membantu memperbaiki kondisi lingkungan agar aman ketika dialirkan ke perairan. Koagulasi dan flokulasi merupakan teknik yang banyak digunakan dalam pengolahan air limbah karena mampu mengurangi degradasi lingkungan. Metode ini salah satu cara untuk mengurangi keberadaan polutan organik dan menurunkan tingkat kekeruhan (Martini dkk., 2020). Air limbah memiliki potensi yang besar dalam hal pencemaran lingkungan, karena dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan merusak ekosistem alam. Menurunnya kualitas lingkungan hidup akibat pencemaran atau menipisnya sumber daya alam mempunyai beberapa dampak buruk, terutama dalam hal risiko kesehatan jangka panjang, berkurangnya nilai estetika, kemunduran ekonomi, dan gangguan terhadap ekosistem alam (*natural system*).

Limbah yang dihasilkan tanpa adanya pengolahan dapat menimbulkan dampak yang merugikan, diantaranya yaitu infeksi pada manusia akibat kontak langsung dengan bakteri dari limbah dan hilangnya keanekaragaman hayati. Koagulan kimia seperti kapur, tawas, alum, dan garam-garam besi sering digunakan dalam pengolahan air secara terus menerus dengan dosis tinggi yang dapat menyebabkan endapan sulit untuk diatasi, sehingga salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan memanfaatkan koagulan alami untuk

menggantikan koagulan kimia seperti biokoagulan yang berasal dari biji tumbuhan dan cangkang hewan (Coniwanti dkk., 2013).

Salah satu material limbah buangan yang bisa dimanfaatkan adalah cangkang telur. Cangkang telur adalah limbah padat berasal dari rumah tangga yang masih kurang pemanfaatannya secara maksimal. Kebanyakan limbah cangkang telur biasanya dibuang ke tempat sampah tanpa pengolahan lebih lanjut. Cangkang telur dapat terurai oleh mikroba tanah akan tetapi membutuhkan waktu yang lama, sehingga akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Penumpukan cangkang telur dapat berpengaruh pada kualitas air, tanah dan estetika lingkungan. Komposisi cangkang telur ayam ras meliputi air (1,6%), protein (3,3%), serta bahan kering (98,4%) cangkang telur yang kering mengandung mineral yang terdiri dari $MgCO_3$ (0,84%), $CaCO_3$ (98,43%), dan $Ca_3(PO_4)_2$ (0,75%) (Hanifah dkk., 2020).

Berdasarkan perhitungan perbedaan jumlah protein pada cangkang telur ayam ras dan buras, didapatkan hasil sebutir ayam ras dengan berat 60 g/butir dan buras dengan berat 45 g/butir, terkandung *ovotransferrin* dalam membran kerabang telur masing-masing sebesar $0,74 \pm 0,11\%$ dan $0,16 \pm 0,05\%$ (Fazriyati Siregar dkk., 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Hanifah dkk., (2020) telah menunjukkan bahwa cangkang telur ayam ras dapat dimanfaatkan sebagai biokoagulan untuk tujuan mengurangi kadar air limbah yang dihasilkan oleh industri farmasi. Metode ini menunjukkan hasil dalam hal penurunan tingkat kekeruhan 23,3%, serta konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) 82,05%.

Dari berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti merasa perlu untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai biokoagulan dalam pengolahan limbah cair rumah tangga (*grey water*) dengan tujuan untuk mengurangi tingkat pH, COD, TSS, dan Kekeruhan dari sampel air limbah domestik Gampong Punge Blang Cut yang terletak di Kota Banda Aceh.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana dosis optimum serbuk cangkang telur sebagai biokoagulan serta menentukan dosis optimum yang efektif dalam menurunkan kadar pH, COD, TSS dan Turbiditas dalam air limbah domestik (*grey water*)?
2. Bagaimana pengaruh perubahan variasi kecepatan pengadukan cepat pada metode koagulasi-flokulasi terhadap parameter pH, COD, TSS dan Turbiditas pada air limbah domestik (*grey water*)?

1.3 Tujuan Masalah

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh dosis serbuk cangkang telur sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar PH, COD, TSS, Turbiditas dalam air limbah domestik (*grey water*).
2. Mengetahui bagaimana pengaruh perubahan kecepatan pengadukan cepat pada metode koagulasi-flokulasi terhadap parameter pH, COD, TSS, dan Turbiditas pada air limbah rumah tangga (*grey water*).

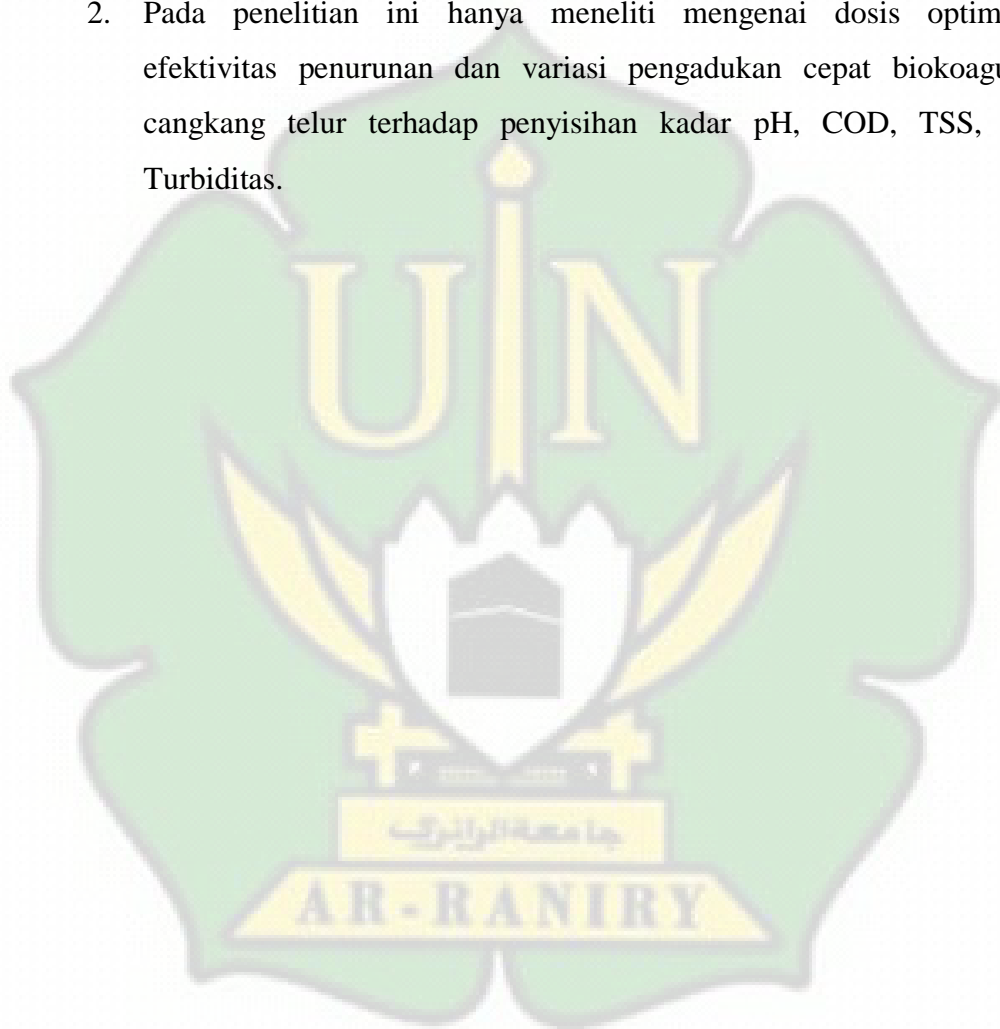
1.4 Manfaat Penelitian

1. Berkontribusi pada pengembangan keilmuan dalam pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan limbah cangkang telur sebagai biokoagulan untuk mendapatkan dosis yang optimum.
2. Berkontribusi pada pengembangan keilmuan dalam pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan variasi pengadukan cepat pada metode koagulasi dan flokulasi.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah yang digunakan pada penelitian ini yaitu air limbah domestik (*grey water*) di gampong punge blang cut kota Banda Aceh, tepatnya di Sistem Pembuangan Air Limbah (SPAL).
2. Pada penelitian ini hanya meneliti mengenai dosis optimum, efektivitas penurunan dan variasi pengadukan cepat biokoagulan cangkang telur terhadap penyisihan kadar pH, COD, TSS, dan Turbiditas.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah buangan yang berasal dari pasar, pelayanan kesehatan, perkantoran, rumah makan, asrama dan pemukiman. Air limbah domestik dibagi menjadi dua macam yaitu *black water* (limbah yang berasal dari WC/closet) dan *grey water* (limbah yang berasal dari air bekas cucian piring, cucian pakaian maupun aktivitas mandi). Air limbah domestik yang banyak dihasilkan adalah *grey water* sebesar 50%-80% (Susanawati, 2018).

Air limbah domestik mengandung zat organik dan anorganik yang dapat menimbulkan pencemaran air. Air limbah domestik mengandung air, nitrogen dioksida, fosfor, fenol, ammonia, nitrat, deterjen, bakteri, zat terlarut dan padatan lainnya. Limbah domestik memiliki karakteristik yang terlihat pada beberapa parameter kunci seperti pH, COD, TSS dan kekeruhan. Diperkirakan setiap orang di Indonesia menghasilkan beban pencemar COD perhari sebesar 57 g/orang/hari dan BOD sebesar 25 gr/orang/hari (Harahap, 2018).

Tergantung pada wilayah dan kebutuhan individu, jumlah limbah cair yang dihasilkan setiap hari berkisar antara 200 hingga 400 liter per orang setiap hari. Aliran volume terbesar berasal dari rumah yang memiliki beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis, dan peralatan lain yang menggunakan air. Angka volume limbah cair rumah tangga dan perdagangan mencakup limbah cair yang mungkin mengandung mikroorganisme patogen ditambah dengan rembesan tanah (*infiltration*) (Rayma, 2020). Air limbah domestik dari rumah yang tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke badan air dapat mencemari persediaan air serta membahayakan ekosistem. Limbah cair dari rumah harus diolah untuk

mengurangi jumlah indikator atau jumlah bahan organik yang dikandungnya sebelum dibuang ke saluran air atau lingkungan (Yulis, 2018).

2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah domestik memiliki beberapa parameter baku mutu yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No	Parameter	Kadar Maksimum
1	pH	6-9
2	BOD	30 mg/L
3	COD	100 mg/L
4	TSS	30 mg/L
5	Amoniak	10 mg/L
6	Minyak & lemak	5 mg/L
7	Total Coliform	Jumlah/100 mL

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016.

2.2.1 Derajat Keasaman (pH)

Tingkat kadar asam atau basa dalam suatu zat disebut pH atau derajat keasaman. Kondisi asam dengan skala pH <7 sedangkan kondisi basa dengan skala pH >7, serta kondisi netral dengan skala pH 7. Perubahan nilai pH mempengaruhi proses biologi, kimia dan fisika pada organisme di perairan (Randy dkk., 2021).

2.2.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) mengukur jumlah oksigen dalam air yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia. Tujuan analisis COD adalah untuk menentukan ukuran efektif dari proses pengolahan limbah dan ketepatan yang dapat diterima terkait dengan pembuangan air limbah yang tepat (Andika dkk., 2020).

2.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi adalah benda tersuspensi dalam saringan milioporous dengan diameter pori 0,45 μm dan diameter lebih besar dari 1 mikrometer. TSS terdiri dari lanau, pasir halus, dan mikroorganisme. Erosi tanah atau kikisan tanah yang masuk ke badan air secara langsung merupakan penyebab TSS di perairan utama. Ketika konsentrasi TSS terlalu tinggi menyebabkan proses fotosintesis terganggu akibat penetrasi cahaya terhambat (Jiyah dkk., 2017).

Komponen khas dari konsentrasi TSS di saluran air dapat berupa zooplankton, fitoplankton, lumpur, limbah industri, kotoran sisa-sisa hewan dan tumbuhan. Perairan alami dengan padatan tersuspensi tidak berbahaya, tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan indeks kekeruhan dan mencegah sinar matahari menembus ke kolom air (Baktiar & Basith, 2020).

2.2.4 Turbiditas

Turbiditas adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kekeruhan air. Saat mengukur kondisi air baku, kekeruhan menggunakan pengaruh cahaya sebagai titik awal dan dinyatakan dalam satuan kekeruhan pada skala *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Adanya bahan campuran atau koloid di dalam air inilah yang menyebabkan kekeruhan. Hal ini sangat penting membuat perbedaan dalam hal kualitas air dan estetika suatu perairan (Sutapa, 2014).

2.3 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Ovuoraye dkk., 2021	Kajian Khasiat Koagulan Kulit Telur (ESC) dan Koagulan Alum Base (ABC) dalam Menghilangkan Total Suspended Solids (TSS) pada Air Limbah Kosmetik dengan Coagulation-Flocculation	Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan efektivitas limbah cangkang telur dalam menghilangkan TSS dari pengolahan limbah kosmetik pada kondisi optimal.	Metode pengolahan limbahcair dari cangkang telurccmenggunakan Metodologi Permukaan Respon (RSM) dan metode Sistematis	Perlakuan koagulasi-flokulasi air limbah kosmetik menggunakan cangkang telur dan aluminium sulfat berhasil dilakukan pada 110 rpm, konstanta laju flokulasi koagulasi memiliki pengaruh langsung terhadap evaluasi efektivitas koagulan organik dan anorganik. Cangkang telur terbukti efisien untuk menghilangkan Total Suspended Solids (TSS) air limbah kosmetik dari pada koagulan tawas pada pH optimum 6. Bahan organik berfungsi efektif paling baik 0,2 g/L sebagai bantuan koagulasi-

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
					flokulasi untuk menghilangkan TSS dari air limbah.
2.	Adelagun dkk.,2016	Evaluation Of Egg Shell As A Coagulant Aid In Dye Removal From Aqueus System	Penelitian ini bertujuan untuk penggunaan tawas sebagai koagulan primer dan cangkang telur sebagai bantuan biokoagulan dalam menghilangkan warna <i>methylene blue</i> .	Proses yang digunakan koagulasi dan flokulasi (pH, efek dosis, konsentrasi pewarna awal) juga dioptimalkan dengan metode variasi kontinyu.	Hasil yang diperoleh ketika tawas saja digunakan sebagai koagulan primer menunjukkan bahwa tawas saja memiliki efek pengendapan penghilangan <i>methylene blue</i> dari larutan air, lebih dari 86% <i>methylene blue</i> dapat dihilangkan. Di sisi lain, ketika cangkang telur saja digunakan, efeknya sangat rendah. Namun, kombinasi tawas, sebagai koagulan primer, dan cangkang telur sebagai bantuan koagulan meningkatkan jumlah <i>methylene blue</i> yang dihilangkan dengan lebih dari 98% penyisihan tercapai. Hasil

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
					ini menunjukkan bahwa cangkang telur berhasil digunakan sebagai bantuan koagulan untuk tawas dalam pengolahan air limbah yang terkontaminasi zat warna.
3.	Marwanto & Mulyati (2022)	Pengaruh Variasi Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Terhadap Penurunan Parameter Fe Air Sumur Gali	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi biokoagulan cangkang telur terhadap penurunan kadar Fe air sumur gali dengan dosis 10, 20, 30, dan 40 mg.	Penelitian ini menggunakan metode Jartes dengan flokometer dan rentang dosis 10, 20, 30, dan 40 mg/liter	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biokoagulan cangkang telur dengan dosis 10, 20, 30, dan 40 mg mampu menurunkan kadar Fe masing-masing sebesar 75,68%, 84,68%, 88,29%, dan 85,59%.
4.	Hanifah dkk., 2020	Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras dan Kulit Pisang Kepok	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari cangkang telur ayam ras dan kulit pisang kepok sebagai biokoagulan untuk menurunkan	Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu <i>one stage coagulation</i> yang telah dimodifikasi.	Dari hasil penelitian diketahui bahwa biokoagulan cangkang telur ayam memiliki dosis optimum 50 g/500 mL serta pH optimum 8, sehingga

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
		(<i>Musa balbisiana</i> ABB) dalam Menurunkan Turbiditas, dan TSS dari Limbah Cair Industri Farmasi	nilai turbiditas, dan TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) pada limbah cair industri farmasi.		menghasilkan penurunan turbiditas sebesar 81,18%, dan TSS 82,05%. Temuan ini mendukung penggunaan cangkang telur ayam ras sebagai biokoagulan.
5.	Jusoh dkk., 2023	Chicken Eggshell (<i>ESC</i>) as an Innovative Bioflocculant in Harvesting Biofloc (<i>BFT</i>) for Aquaculture Wastewater Treatment	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dosis, pH dan waktu pengendapan cangkang telur sebagai <i>bio-flokulan</i> untuk memanen bioflok yang tersisa atau rusak dan mempertahankan tingkat alkalinitas.	Penggunaan <i>bioflocculant</i> menggunakan metode koagulasi- flokulasi.	Hasil pemanfaatan cangkang telur sebagai matriks organik menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai biokoagulan untuk mengontrol air limbah dengan efisiensi lebih dari 80% pada kondisi dosis cangkang telur 0,25 g/L dengan proses pengadukan cepat dan lambat 150 rpm dan 30 rpm..

2.4 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah dua metode sering digunakan untuk mengolah air limbah. Kandungan limbah yang berupa suspensi atau koloid dimaksudkan untuk dihilangkan dengan menggunakan proses koagulasi dan flokulasi (Husna, 2016).

2.4.1 Pengertian Koagulasi

Koagulasi merupakan kegiatan pencampuran koagulan dengan dilakukan pengadukan cepat untuk mendistabilisasi solid tersuspensi halus dan koloid serta inti partikel yang akan membentuk flok-flok. Koagulan adalah zat yang bersifat kimia atau alami yang dimasukkan ke dalam proses koagulasi untuk mengikat kotoran atau partikel di air. Saat terjadi koagulasi, zat yang terdispersi tidak lagi menyebabkan terbentuknya koloid. Koagulasi dapat terjadi melalui dua cara berbeda secara fisika dan kimia, pengolahan fisika, seperti pemanasan, pendinginan dan pengadukan (Suherman, 2017).

Koagulasi merupakan kegiatan pencampuran koagulan dengan dilakukan pengadukan cepat untuk mendistabilisasi solid tersuspensi halus dan koloid serta inti partikel yang akan membentuk flok-flok. Akibat pengadukan cepat koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil akibat terikat menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Proses koagulasi dipengaruhi beberapa faktor berupa suhu air, jenis koagulan, tingkat kekeruhan, kadar ion terlarut, dosis koagulan serta kecepatan pengadukan (Husnah, 2016).

2.4.2 Pengertian Flokulasi

Flokulasi merupakan proses lanjutan dari koagulasi yaitu dengan penggabungan flok-flok yang dihasilkan dari proses koagulasi menjadi flok atau gumpalan yang lebih besar sehingga partikel-partikel tersebut dapat mengendap akibat dari proses pengadukan lambat. Pada proses ini, tahapan pembentukan serta penggabungan makroflok terjadi di dalam tahap koagulasi, sedangkan pembentukan serta penggabungan makroflok terjadi di dalam tahap flokulasi. Ketika dalam keadaan pengadukan lambat pada saat proses flokulasi yang membentuk gerakan secara perlahan yang mengakibatkan terjadinya kontak antara partikel-partikel di dalam air limbah domestik, sehingga terciptanya campuran partikel yang ukurannya besar serta mudah mengendap.

Pengadukan lambat merupakan proses pengadukan yang dilakukan secara gradien kecepatan kecil. Dalam menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan dapat diturunkan secara bertahap sehingga flok yang sudah terbentuk tidak pecah kembali serta berpeluang berkumpul dengan yang lainnya sehingga menghasilkan gumpalan yang lebih besar. Cara menentukan dosis koagulan salah satunya yaitu menggunakan perlakuan jarrest (Nuryani, 2016).

2.5 Biokoagulan

Biokoagulan adalah koagulan alami yang terbuat dari biji tumbuhan atau cangkang hewan, berperan proses dalam mengikat zat partikel atau kotoran di air dan membantu proses sedimentasi partikel kecil yang sulit mengendap (Hendrawati, 2013). Kandungan protein dalam koagulan alami diperkirakan akan berperan penting sebagai polielektrolit alami yang tujuan sama dengan koagulan sintetik rantai asam amino yang berfungsi sebagai koagulan alami dapat ditemukan dalam biji-bijian dan cangkang hewan yang kaya akan asam amino kationik dan digunakan untuk membuat protein polikationik (Marwanto & Mulyati, 2022).

2.6 Cangkang Telur

Telur adalah sumber protein hewani yang enak, mudah dicerna, dan sangat bergizi, jadi sangat digemari oleh masyarakat. Apalagi telur mudah didapat dan harganya terjangkau. Pada umumnya masyarakat memenuhi kebutuhan proteinnya dengan mengkonsumsi telur. Telur dapat digunakan sebagai lauk pauk, campuran berbagai macam masakan, tepung telur dan obat. Telur yang dikonsumsi masyarakat Indonesia sebagian besar berasal dari peternakan ayam. Telur bebek, telur ayam, dan telur puyuh adalah jenis telur yang paling populer. Karena mudah dalam penanganan dan pemanfaatannya, telur ayam banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Telur ayam memiliki bentuk fisik dari bulat hingga lonjong dan ukurannya berbeda hal itu berdasarkan variasi tergantung dari jenis hewan, umur, dan sifat genetiknya. Tiga komponen penyusun telur terdiri dari Cangkang, putih telur, dan kuning telur (Widarta, 2018). Gambar cangkang telur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cangkang Telur

Pada tahun 2015 hasil data Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) melaporkan bahwa rata-rata orang mengkonsumsi 112 butir telur ayam setiap tahunnya. Mengingat Indonesia memiliki 67.851.944 kk pada tahun 2017, sehingga konsumsi telur tahunan negara bisa mencapai 7,6 miliar. Hal ini menandakan bahwa Indonesia akan menghasilkan limbah cangkang telur dalam jumlah yang cukup banyak setiap tahunnya. Limbah rumah tangga yang belum terdaur ulang dengan baik adalah limbah cangkang telur. Cangkang telur sebagian

besar hanya digunakan sebagai bahan baku usaha dalam negeri. Cangkang telur diketahui mengandung sekitar 87%-97% kalsium karbonat (CaCO_3) (Lucio dkk., 2018).

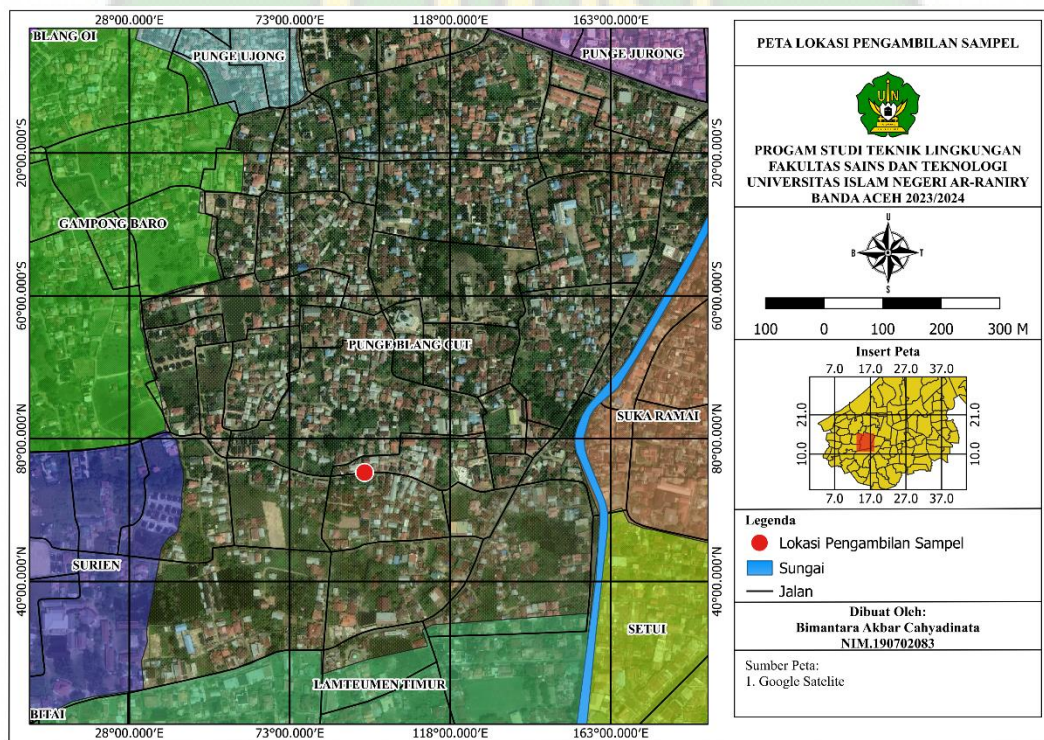


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2023 hingga Desember 2023. Perumahan Gampong Punge Blang Cut, Kota Banda Aceh, dijadikan lokasi pengambilan sampel air limbah domestik (*grey water*). Parameter sampel kemudian diuji di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh di Jalan Lingkar Kampus UIN Ar-Raniry, Rukoh, Darussalam, Banda Aceh. Gambar 3.1 menunjukkan peta lokasi pengambilan sampel.



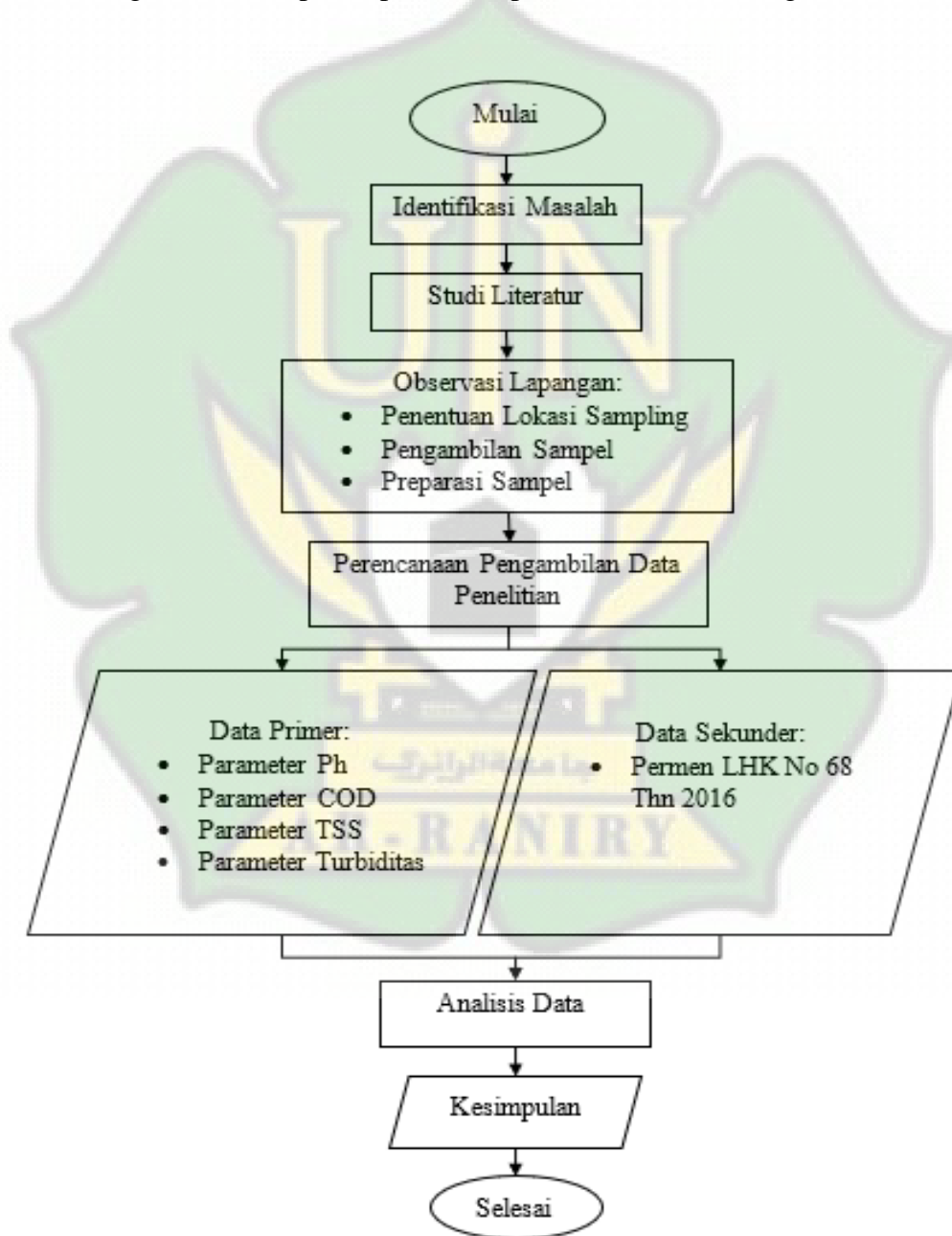
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa proses tahapan. Dapat dilihat ada alir tahapan penelitian dan alir prosedur kerja seperti di Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.

3.2.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

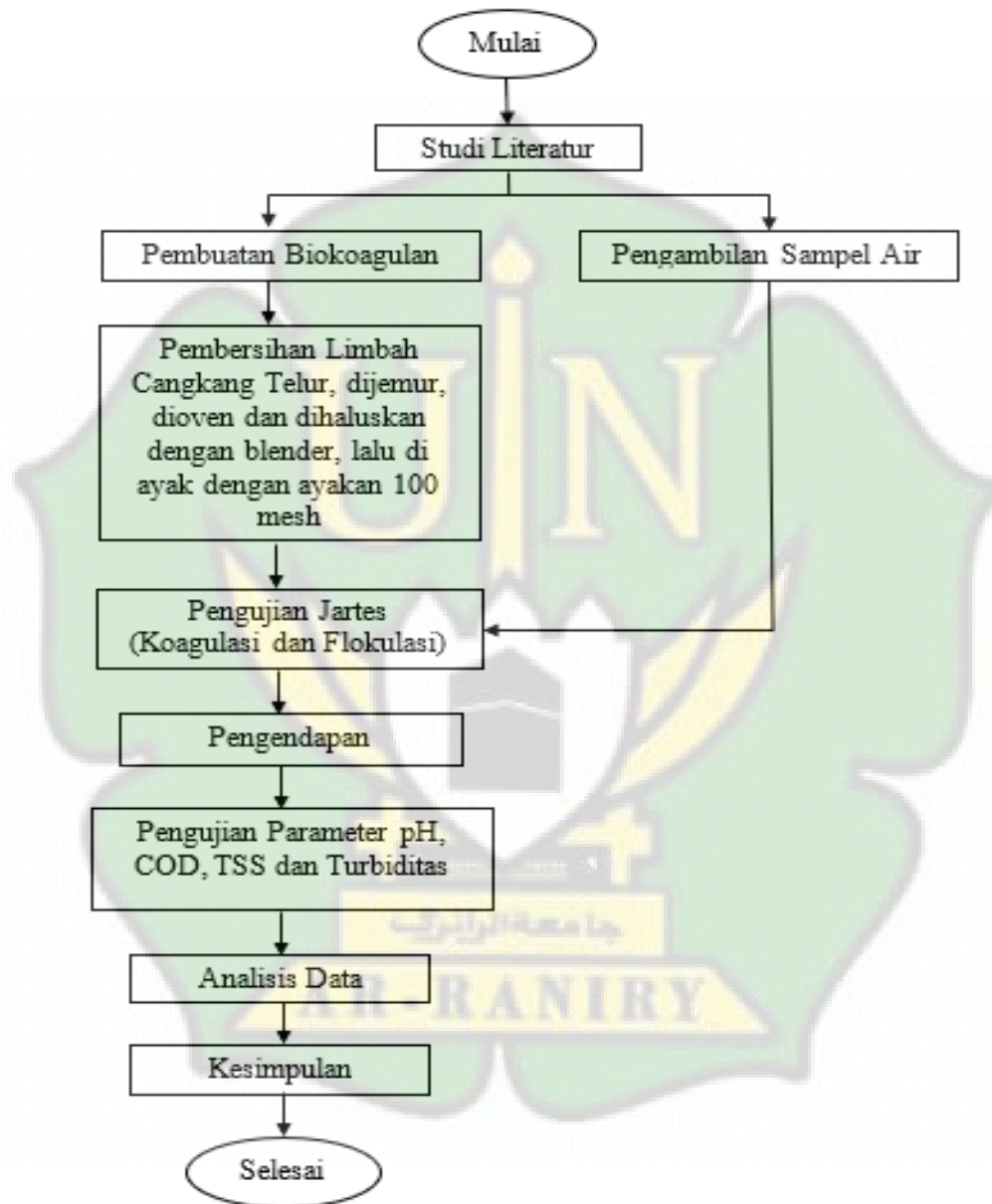
Diagram alir tahapan dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2.2 Diagram Alir Prosedur Kerja

Diagram alir prosedur kerja dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



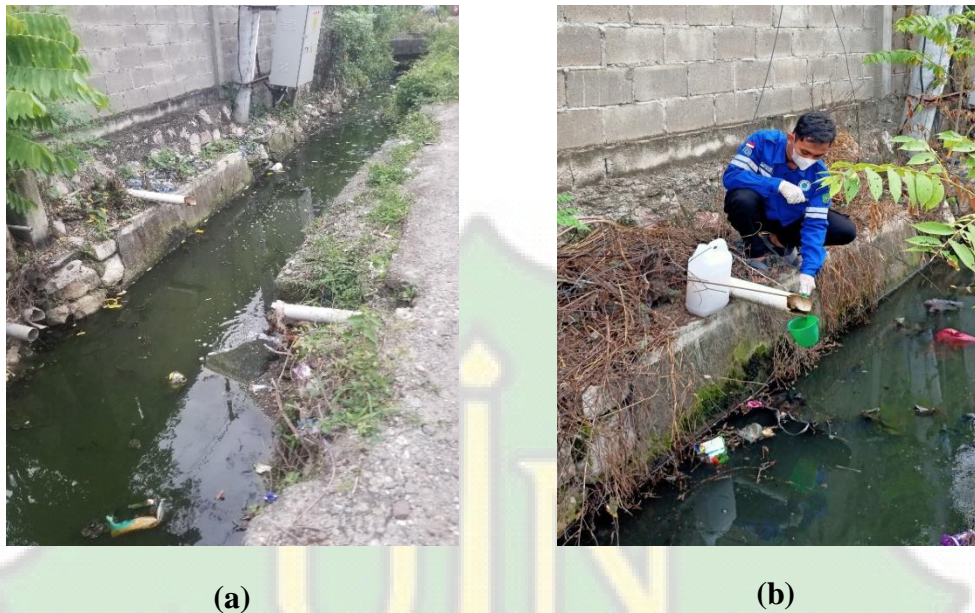
Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Kerja

3.3 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah jenis kuantitatif dengan metode eksperimen serta menggunakan dua variabel yaitu variabel bebas dan terikat. Variabel bebas adalah mereka yang memiliki dampak pada faktor lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi massa cangkang telur dan variasi pengadukan cepat. Sedangkan variabel terikat berada di bawah pengaruh variabel bebas. Parameter yang dilihat dalam penelitian ini antara lain pH, COD, TSS, dan Turbiditas merupakan variabel terikat.

3.4 Pengambilan Sampel

Air limbah domestik dari rumah-rumah Gampong Punge Blang Cut Kota Banda Aceh, dikumpulkan pada penelitian ini dikarenakan lokasi titik pengambilan sampel yang mudah untuk diambil serta menghasilkan limbah yang keruh. Pengambilan sampel menggunakan metode *grab sampling* dengan mengumpulkan sampel secara langsung di lokasi. Teknik pengambilan sampel ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia bagian 59: Metode Pengambilan Sampel Air Limbah, 2008. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik grab sampling. Sampel air limbah domestik diambil menggunakan gayung kemudian dimasukkan ke dalam jeriken berukuran 5 L untuk menampung air limbah. Jadi, total volume sampel air limbah adalah sekitar 20 liter. Diperlukan wadah pengambilan sampel berbahan kaca, polietilen (PE), atau polipropilen (PP) yang memenuhi standar SNI 6989.59.2008, bersih, tidak terkontaminasi, mudah ditutup, tidak rapuh dan disegel. Setelah pengambilan sampel dilakukan lalu dilanjutkan dengan tes uji analisa yang dilakukan di laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry.



Gambar 3.4 (a) Lokasi Air Limbah Domestik, (b) Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat-Alat Penelitian

No	Nama Alat	Jumlah
1.	<i>Jartest Flocculator VELP 4</i>	1
2.	Timbangan analitik	1
3.	Tabung reaksi	2
4.	<i>Beaker glass 1000 ml</i>	6
5.	Pipet ukur	1
6.	Jeriken	4
7.	Gayung	1
8.	<i>Blender elektrik</i>	1

No	Nama Alat	Jumlah
9.	COD meter	1
10.	Multiparameter	1
11.	<i>Vacuum filtration system</i>	3
12.	Labu Erlenmeyer	2
13.	<i>Turbidity meter</i>	1
14.	Ayakan 100 mesh	1

3.5.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Bahan-Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Air suling (air bebas mineral)	5 L
2.	Limbah cangkang telur	100 gr
3.	Air limbah domestik (<i>grey water</i>)	20 L
4.	Larutan $K_2Cr_2O_7$	100 ml
5.	Larutan H_2SO_4 .	1 L
6.	Kertas saring Whatman 42	12

3.6 Variabel Penelitian

Dapat dilihat pada Tabel 3.3. Perbedaan variabel independen dan dependen dalam penelitian ini.

Tabel 3.3 Variabel Penelitian

No	Variabel Independen	Variabel Dependen
	Variasi dosis serbuk cangkang telur:	
1.	0 gr/L	- Parameter pH
2.	0,25 gr/L	- Parameter COD
3.	0,5 gr/L	- Parameter TSS
4.	0,75 gr/L	- Parameter Turbiditas
5.	1 gr/L	
6.	1,25 gr/L	

No	Variabel Independen	Variabel Dependen
	Variasi kecepatan pengadukan cepat:	
1.	120 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit)	- Parameter pH
2.	150 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit)	- Parameter COD - Parameter TSS - Parameter Turbiditas

Terdapat dua variabel penelitian, yaitu variabel terikat (*dependent variable*) dan variabel bebas (*independent variable*). Berkaitan dengan penelitian ini, variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel independen (variabel bebas) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya dan timbulnya variabel dependen (terikat) (Sugiyono, 2012). Variabel independen dalam penelitian ini adalah Variasi dosis serbuk cangkang telur dan variasi kecepatan pengadukan.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel dependen adalah variabel yang menjadi pusat perhatian utama dalam penelitian. Menurut Sugiyono, (2012) variabel dependen sering disebut sebagai variabel terikat. Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel dependen adalah parameter pH, COD, TSS, dan turbiditas.

3.7 Rangkaian Matrik Penelitian

Dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk penjelasan mengenai rangkaian matrik dalam penelitian ini.

Tabel 3.4 Rangkaian Matrik Perlakuan

No	Dosis	Perlakuan	
		Perlakuan 1	Perlakuan 2
1.	D_0	D_0K_1	D_0K_2
2.	D_1	D_1K_1	D_1K_2
3.	D_2	D_2K_1	D_2K_2
4.	D_3	D_3K_1	D_3K_2
5.	D_4	D_4K_1	D_4K_2
6.	D_5	D_5K_1	D_5K_2

Keterangan :

- D_0 = Dosis 0 g/L
- D_1 = Dosis 0,25 g/L
- D_2 = Dosis 0,5 g/L
- D_3 = Dosis 0,75 g/L
- D_4 = Dosis 1 g/L
- D_5 = Dosis 1,25 g/L
- K_1 = 120 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit)
- K_2 = 150 rpm (2 menit) + 30 rpm (30 menit)

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Persiapan Biokoagulan

Persiapan biokoagulan pada penelitian ini merujuk pada penelitian Sriwahyuni, (2020), dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Cangkang telur dicuci bersih dan dijemur selama 1 hari dibawah sinar matahari bertujuan agar menghilangkan kadar air dari pencucian.
2. Cangkang telur kemudian dioven dengan suhu 105° C selama 60 menit agar mengurangi sisa-sisa kadar air.
3. Cangkang telur diblender hingga menjadi serbuk halus.
4. Serbuk cangkang telur diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 100 mesh.
5. Serbuk cangkang telur divariasikan dosis koagulan dengan dosis 0 g/L, 0,25 g/L, 0,5 g/L, 0,75 g/L, 1 g/L, 1,25 g/L menggunakan timbangan analitik.

3.8.2 Pengujian Biokoagulan

Pengujian biokoagulan pada penelitian ini merujuk pada penelitian Bhernama dkk, (2020), dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah domestik dimasukkan kedalam gelas beaker, sebanyak enam gelas beaker yang masing-masingnya 1000 ml.
2. Biokoagulan cangkang telur ditambahkan ke dalam gelas beaker sebanyak 0 g/L, 0,25 g/L, 0,5 g/L, 0,75 g/L, 1 g/L, 1,25 g/L.
3. Diatur kecepatan pengadukan dengan putaran 120 rpm dan 150 rpm selama 2 menit untuk pengadukan cepat dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan putaran 30 rpm selama 30 menit, kemudian dilakukan proses pengendapan selama 60 menit.
4. Dilakukan pengujian nilai pH, COD, TSS dan Turbiditas. Setiap masing-masing gelas beaker, dan dicatat hasil pengukurannya.

3.9 Pengujian Sampel

3.9.1 Pengujian pH

Untuk pengujian pH merujuk pada SNI 06-6989.11-2019, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tutup pelindung elektroda pH meter dilepaskan.
2. Elektroda dibilas dengan air aquades dan dikeringkan dengan tisu.
3. Alat pH meter dihidupkan dengan menekan tombol “ON-OFF” pada bagian alat pH meter.
4. Elektroda dicelupkan kedalam Gelas Beaker yang berisi air limbah penatu sampai tanda batas di dalam larutan sampel, tunggu sampai pembacaannya stabil.
5. Gelas Beker selanjutnya yang berisi sampel diulangi kembali seperti prosedur tahap 2-4.
6. Dicatat hasil pengukuran yaitu angka pada tampilan alat pH meter.
7. Alat pH setelah selesai digunakan dimatikan alat menggunakan air suling untuk membersihkan elektroda dan dikeringkan elektroda dengan kertas tisu, lalu pasang kembali tutup pelindung.

3.9.2 Pengujian COD

Pengujian COD merujuk pada SNI 6989.2:2009, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah domestik dimasukkan kedalam tabung COD 2,5 ml, selanjutnya ditambahkan 1,5 ml larutan campuran $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 ml larutan H_2SO_4 .
2. Tabung ditutup dan dikocok perlahan sampai homogen.
3. Diambil COD reaktor, ditekan tombol start dan ditunggu suhu naik sampai $150^\circ C$.
4. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur $150^\circ C$ selama 2 jam.
5. Tabung COD dinginkan, kemudian dilakukan pengukuran sampel menggunakan COD meter.

3.9.3 Pengujian TSS

Untuk mengukur TSS merujuk pada SNI 06-6989.3-2004, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Kertas saring diletakkan pada peralatan filtrasi kemudian dicuci menggunakan air suling.
2. Kertas saring dipindahkan dari peralatan filtrasi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C selama 1 jam.
3. Kertas saring didinginkan dalam desikator kemudian timbang sampai diperoleh berat konstan.
4. Sampel air limbah domestik diaduk menggunakan magnetic stirrer untuk memperoleh sampel yang lebih homogen.
5. Sampel air limbah domestik dipipet dengan volume tertentu kemudian saring menggunakan pompa vakum.
6. Kertas saring dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring.
7. Kertas saring dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam.
8. Kertas saring didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbangan.
9. Diulangi tahapan penyaringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan.
10. Perhitungan untuk mengukur TSS menurut SNI 06-6989.3-2004, adalah sebagai berikut :

$$TSS (mg/L) = \left(\frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (mL)}} \right)$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring berisi zat tersuspensi (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

(Sumber : Hak, 2018)

3.9.4 Pengujian Turbiditas

Pengujian turbiditas merujuk pada SNI 06-6989.25-2005, dengan langkahlangkah sebagai berikut:

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

3.10 Analisis Data

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

Perhitungan efektivitas:

$$\% P = \left(\frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

%P = Efektivitas penurunan

C_0 = Nilai tiap parameter dari air limbah sebelum perlakuan (mg/L)

C_t = Nilai tiap parameter dari air limbah sesudah perlakuan (mg/L)

(Sumber : Hak, 2018)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakteristik Awal Air Limbah Domestik

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode koagulasi flokulasi untuk penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah domestik (*grey water*). Proses koagulasi flokulasi menggunakan serbuk cangkang telur sebagai biokoagulan. Sampel air limbah domestik yang dihasilkan dilakukan analisis kadar kualitas parameter awal untuk mengetahui konsentrasi awal pencemaran yang terkandung sebelum perlakuan. Berikut Tabel 4.1 yang menunjukkan hasil karakteristik awal air limbah di lingkungan Gampong Punge Blang-Cut Kota Banda Aceh sebelum pengolahan.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Domestik (*grey water*) Sebelum Perlakuan

No.	Parameter	Hasil Pengujian Awal	Baku Mutu	Keterangan
1.	pH	8,8	6-9	Memenuhi Syarat
2.	COD (mg/L)	422	100	Tidak Memenuhi Syarat
3.	TSS (mg/L)	128	30	Tidak Memenuhi Syarat
4.	Kekeruhan (NTU)	201	-	-

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P. 68 tahun 2016 Tentang Baku mutu air limbah domestik.

Hasil pengujian air limbah domestik terlihat masih melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P. 68 tahun 2016 Tentang Baku mutu air limbah domestik. Sedangkan parameter turbiditas tidak disebutkan di dalam baku mutu yang telah ditetapkan. Parameter pH saja yang memenuhi syarat baku mutu sedangkan untuk parameter COD dan TSS tidak memenuhi syarat baku mutu yang sudah ditetapkan. Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

4.2 Hasil Pengolahan Air Limbah Domestik

Air limbah yang telah diberi koagulan serbuk cangkang telur dengan 6 variasi dosis, selanjutnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi dan proses pengendapan. Proses koagulasi atau proses pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm dan 150 rpm selama 2 menit, dilanjutkan proses flokulasi atau pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit. Setelah proses koagulasi-flokulasi kemudian dilakukan pengendapan selama 60 menit. Hasil pengendapan 60 menit dapat dilihat pada Gambar 4.1. Air limbah yang telah diolah melalui proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan, dilanjutkan dengan analisis kadar parameter pH, COD, TSS dan turbiditas.



Gambar 4.1 Setelah Pengendapan 60 menit



Gambar 4.2 Hasil Sedimentasi

Hasil sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 dimana sedimentasi adalah proses pengendapan padatan yang terkandung dalam cairan oleh gaya gravitasi. Menurut Martini, dkk (2020), sedimentasi merupakan proses pengolahan limbah cair secara fisika yang menggunakan gaya gravitasi untuk memisahkan partikel padatan tersuspensi yang telah terbentuk dari dalam air.

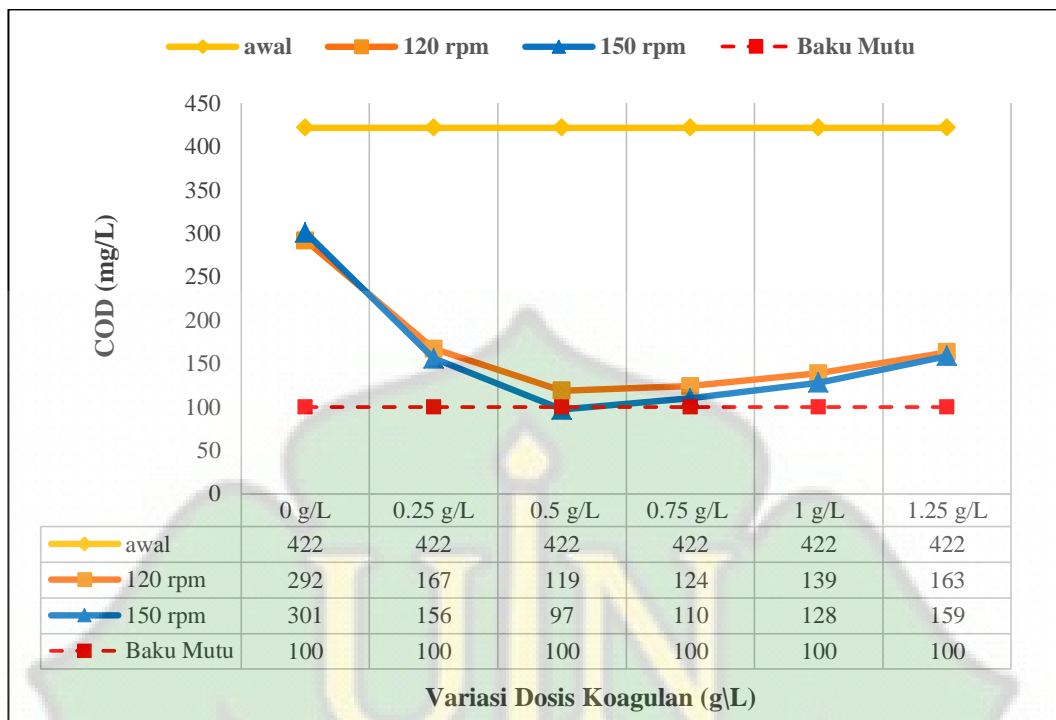
4.3 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam mengoksidasi senyawa organik melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Nafisah, 2022). Konsentrasi nilai awal COD air limbah domestik yaitu 422 mg/L, nilai awal tersebut belum memenuhi syarat baku mutu. Hasil pengujian parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter COD Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan Cepat

No.	Variasi dosis koagulan	Variasi Pengadukan (rpm)	Baku Mutu (mg/L)	COD awal (mg/L)	COD akhir (mg/L)	Efektivitas %
1	0 g/L	120/30 rpm selama 2/30 menit	100	422	362	30,80%
2	0,25 g/L				227	60,42%
3	0,5 g/L				119	71,80%
4	0,75 g/L				124	70,61%
5	1 g/L				147	67,06%
6	1,25 g/L				173	61,37%
7	0 g/L	150/30 rpm selama 2/30 menit		422	370	28,67%
8	0,25 g/L				206	63,03%
9	0,5 g/L				97	77,01%
10	0,75 g/L				103	73,93%
11	1 g/L				126	69,66%
12	1,25 g/L				161	62,32%

Note: 120/30 rpm (120 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit), 150/30 rpm (150 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit).



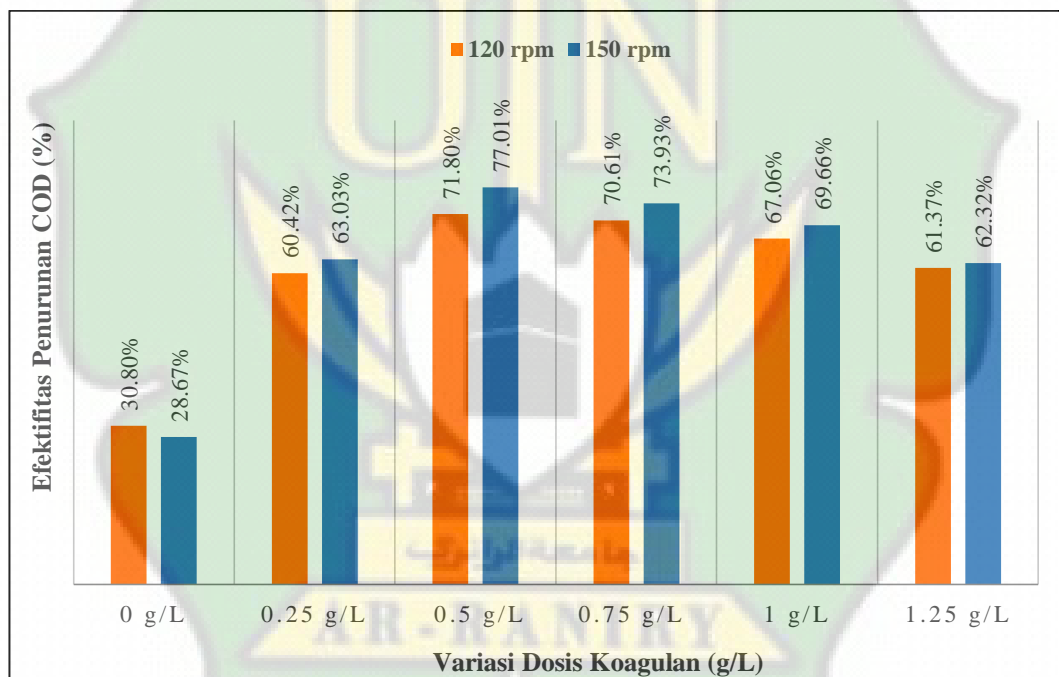
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengaduk Cepat Terhadap Kadar COD

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa hasil nilai akhir COD dengan dosis biokoagulan 0,5 g/L pada kecepatan pengadukan 150/30rpm merupakan dosis optimum dibanding dosis yang lain. Efektivitas penurunan kadar COD menjadi 97 mg/L dari kadar nilai COD awal yaitu 422 mg/L. Hal ini menandakan bahwa pada dosis 0,5 g/L biokoagulan serbuk cangkang telur sudah efektif untuk menurunkan nilai COD dalam limbah domestik dan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Kemampuan kalsium cangkang telur berfungsi mengikat molekul-molekul di air sehingga terjadi penurunan COD. Penambahan koagulan serbuk cangkang telur dapat menurunkan nilai COD disebabkan oleh oksidator yang mengoksidasi bahan organik di dalam air. Hal ini sesuai dengan temuan Bhernama dkk, (2022), bahwa efektivitas penurunan kadar parameter COD menurun disebabkan oleh muatan positif yang berlebih dari bahan koagulan sehingga pengikatan koloid yang mengandung zat organik kurang maksimal. Begitupun sebaliknya penyisihan kadar parameter COD yang kurang maksimal akibat kurangnya muatan positif

dalam koagulan akan mengakibatkan tidak terbentuknya flok yang mengandung zat organik, yang bisa mengikat koloid, oleh karena itu hal ini berpengaruh dalam efektivitas penurunan nilai parameter COD pada limbah cair.

Dosis optimum biokoagulan dalam menurunkan kadar COD limbah domestik adalah 0,5 gram. Baku mutu kadar COD ialah sebesar 100 mg/L, kadar COD air limbah domestik setelah pengolahan menggunakan biokoagulan serbuk cangkang telur didapatkan hasil optimum yaitu sebesar 97 mg/L pada dosis koagulan 0,5 g/L. Hasil ini telah memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi COD

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa dari ke 6 variasi dosis biokoagulan cangkang telur dengan kecepatan 120/30 rpm dan 150/30 rpm, penurunan efektivitas COD pada dosis 0 g/L dengan putaran 150/30 rpm yaitu hanya mencapai 28,67%. Adapun untuk dosis optimum pada penyisihan kadar COD terdapat pada dosis 0,5 g/L dengan efektivitas 77,01% pada pengadukan 150/30 rpm, untuk hasilnya sudah memenuhi standar baku mutu.

Berkurangnya kadar COD dalam air setelah penambahan biokoagulan karena cangkang telur dapat mengikat bahan pencemar baik bahan organik maupun anorganik, dengan berkurangnya bahan organik dalam air maka kadar COD dalam air juga akan berkurang (Ramayana, 2016). Berdasarkan dari hasil penelitian yang diperoleh dosis optimum koagulan untuk menurunkan kadar COD dalam sampel air limbah yaitu sebesar 0,5 g/L, sedangkan pada dosis koagulan 0,75 g/L kadar COD mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena cangkang telur yang digunakan sebagai biokoagulan menjadi jenuh sehingga tidak mampu lagi mengikat partikel-partikel yang terdapat dalam air.

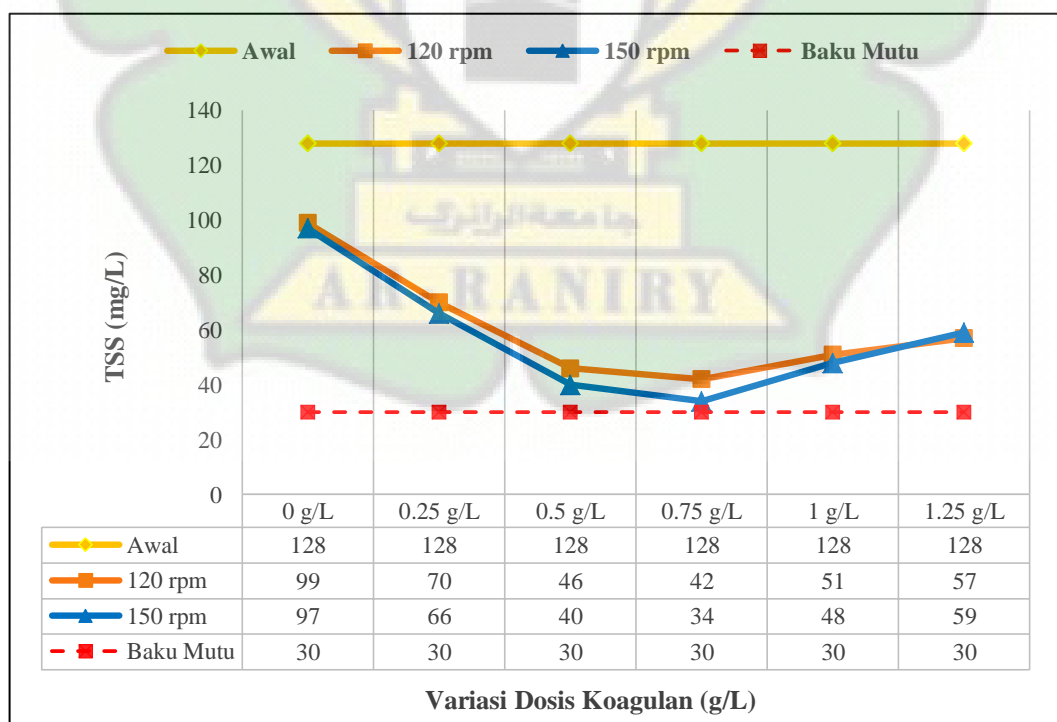
4.4 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai TSS

Padatan tersuspensi terdiri dari komponen terendapkan dan komponen tersuspensi koloid. Air limbah domestik yang telah disaring akan terpisah dari endapan yang berbentuk gumpalan karena proses koagulasi dan flokulasi. Hasil pengujian TSS awal air limbah domestik adalah 128 mg/L atau melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. Setelah perlakuan *jar test* terjadi penurunan nilai TSS akibat adanya proses pengendapan yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter TSS Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan

No.	Variasi dosis koagulan	Variasi Pengadukan (rpm)	Baku Mutu (mg/L)	TSS awal (mg/L)	TSS akhir (mg/L)	Efektivitas %
1	0 g/L	120/30 rpm selama 2/30 menit	30	128	99	22,65%
2	0,25 g/L				70	45,31%
3	0,5 g/L				46	64,06%
4	0,75 g/L				42	67,18%
5	1 g/L				51	60,15%
6	1,25 g/L				57	55,46%
7	0 g/L	150/30 rpm selama 2/30 menit		128	97	24,21%
8	0,25 g/L				66	48,43%
9	0,5 g/L				40	68,75%
10	0,75 g/L				34	73,43%
11	1 g/L				48	62,50%
12	1,25 g/L				59	53,90%

Note: 120/30 rpm (120 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit), 150/30 rpm (150 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm



pengadukan lambat selama 30 menit).

Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan kecepatan pengaduk cepat Terhadap Kadar TSS

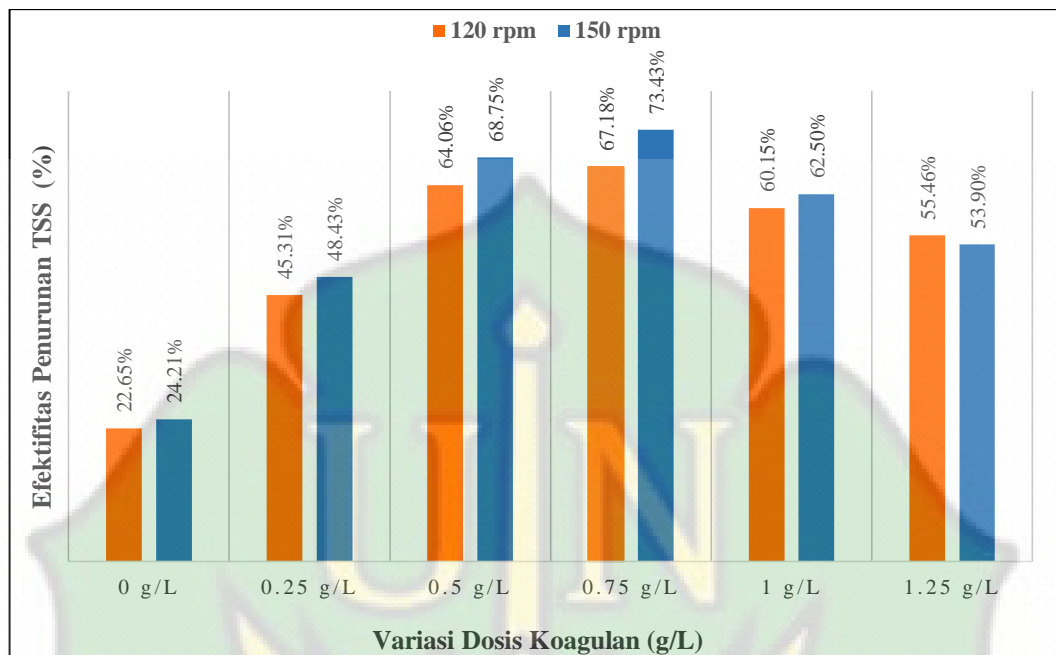
Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS setelah ditambahkan biokoagulan serbuk cangkang telur. Dosis biokoagulan yang optimum dalam menurunkan konsentrasi TSS terdapat pada dosis 0,75 g/L turun menjadi 34 mg/L pada kecepatan 150/30 rpm sedangkan pada kecepatan 120/30 rpm turun menjadi 42 mg/L dengan konsentrasi awal 128 mg/L akibat adanya proses pengendapan setelah proses pengadukan cepat dan lambat.

Hal ini disebabkan pengadukan cepat yang berpengaruh dalam menyebarkan biokoagulan dalam air limbah domestik. Padatan terlarut yang ada didalam limbah domestik mengandung bahan organik bermuatan negatif sehingga dapat berikatan dengan ion-ion positif dalam koagulan cangkang telur. Ikatan-ikatan tersebut yang membentuk flok-flok jadi lebih besar dimana partikel saling berdesakan dan bersatu untuk kemudian mengendap sebagai endapan pada saat proses pengadukan (Rahimah, Z, dkk., 2016).

Penurunan dan kenaikan nilai TSS pada air limbah domestik memiliki perbedaan tergantung dari pemberian dosis biokoagulan yang ditambahkan. Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat pada saat penambahan dosis biokoagulan 1 g/L dan 1,25 g/L kadar TSS naik menjadi 48 mg/L dan 59 mg/L, hal ini disebabkan karena penambahan biokoagulan yang berlebihan akan menyebabkan kejenuhan pada air limbah domestik sehingga menyebabkan flok mengapung dan bertindak sebagai pengotor (Bangun dkk, 2013).

Berdasarkan gambar grafik 4.3 pada penambahan dosis biokoagulan yang optimum adalah 0,75 g/L. Pada dosis 0,75 g/L dengan putaran 150/30 rpm konsentrasi kadar TSS turun menjadi 34 mg/L. Sedangkan pada putaran 120/30 rpm didapati dosis optimum biokoagulan pada 0,75 g/L juga terjadi penurunan kadar TSS hingga menjadi 42 mg/L dari konsentrasi TSS awal 128 mg/L. Menurunnya nilai TSS dipicu oleh faktor pemberian koagulan pada dosis yang optimum membantu mengikat bahan pencemar lalu membuat partikel-partikel halus penyebab kekeruhan yang tadinya bersifat stabil menjadi tidak stabil

muatannya sehingga terendapkan membentuk flok. Efektivitas penurunan kadar TSS dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi TSS

Dari grafik pada Gambar 4.6 dapat dilihat kadar TSS tanpa penambahan koagulan dengan metode jar test hanya bisa menyisihkan 22,65% dan 24,21% untuk dosis 0 g/L yang dimana sebagai pengontrol terhadap air limbah domestik. Dosis 0,75 g/L mengalami kenaikan efektivitas yaitu 73,43% pada pengadukan 150/30 rpm, TSS juga mengalami kenaikan di pengadukan 120/30 rpm pada dosis 0,75 g/L dengan efektivitas 67,18%. Pada dosis 1,25 g/L di pengadukan 120/30 rpm dan 150/30 rpm mengalami penurunan efektivitas yaitu sebesar 55,46% dan 53,90%. Hal ini menandakan jika penurunan kadar TSS yang terjadi hampir memenuhi baku mutu. Akan tetapi hasil pada pengujian ini belum memenuhi baku mutu air limbah domestik yang sudah ditetapkan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku mutu air limbah domestik.

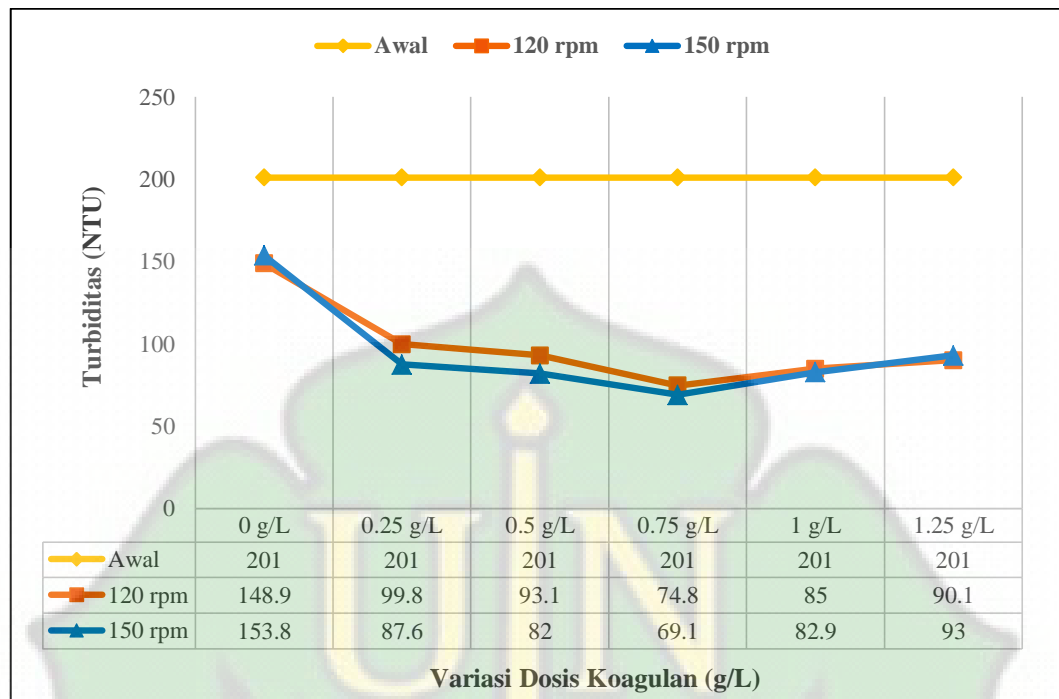
4.5 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai Turbiditas

Turbiditas atau kekeruhan merupakan kumpulan partikel terlarut yang mempengaruhi warna air oleh partikel terlarut di dalam air yang ukurannya berkisar antara 0,01-10 mm. Partikel yang sangat kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm disebut dengan partikel koloid dan sulit mengendap (Bangun dkk, 2013). Nilai awal kadar turbiditas air limbah domestik yaitu 201 NTU, Hasil uji parameter turbiditas dapat dilihat pada tabel kadar parameter turbiditas setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti terdapat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Turbiditas Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan Cepat

No.	Variasi dosis koagulan	Variasi Pengadukan (rpm)	Baku Mutu (NTU)	Turbiditas awal (NTU)	Turbiditas akhir (NTU)	Efektivitas %
1	0 g/L	120/30 rpm selama 2/30 menit	-	201	148,9	25,92%
2	0,25 g/L				99,8	50,34%
3	0,5 g/L				93,1	53,68%
4	0,75 g/L				74,8	62,78%
5	1 g/L				85	57,71%
6	1,25 g/L				90,1	55,17%
7	0 g/L	150/30 rpm selama 2/30 menit	-	201	153,8	23,48%
8	0,25 g/L				87,6	56,41%
9	0,5 g/L				82	59,20%
10	0,75 g/L				69,1	65,62%
11	1 g/L				82,9	58,75%
12	1,25 g/L				93	53,73%

Note: 120/30 rpm (120 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit), 150/30 rpm (150 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit).



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengaduk Cepat Terhadap Penurunan Kadar Kekeruhan

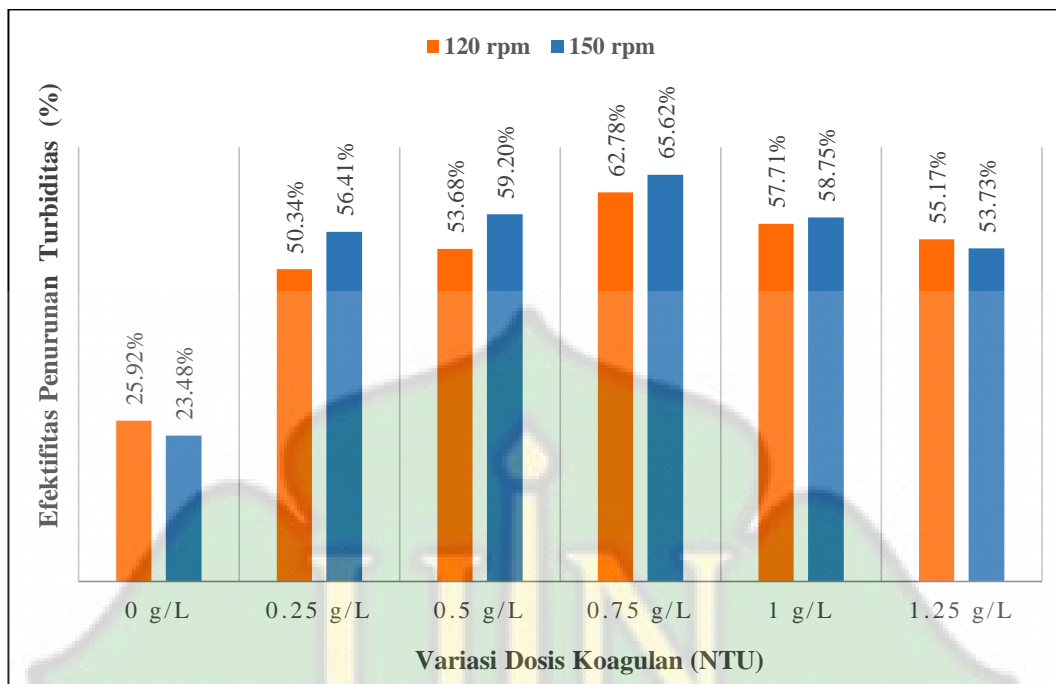
Berdasarkan Gambar 4.7 grafik di atas menunjukkan kondisi penurunan dan kenaikan nilai kekeruhan air limbah domestik yang berbeda dari dosis biokoagulan yang ditambahkan. Nilai turbiditas air limbah domestik pada dosis 0 g/L menjadi 153,8 NTU, hal ini dikarenakan tidak adanya penambahan dosis biokoagulan serbuk cangkang telur.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, berat optimum biokoagulan untuk menurunkan kadar kekeruhan adalah sebesar 0,75 g/L. Akan tetapi pada dosis sebanyak 1 g/L kadar kekeruhan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena cangkang telur yang digunakan sebagai biokoagulan menjadi jenuh sehingga tidak mampu lagi mengikat partikel-partikel yang terdapat dalam air.

Pengaruh pemberian dosis biokoagulan serbuk cangkang telur terhadap nilai turbiditas dengan dosis optimum adalah 0,75 g/L dengan konsentrasi awal 201 NTU turun menjadi 69,1 NTU pada variasi kecepatan 150/30 rpm dan pada dosis yang sama juga 0,75 g/L dengan kecepatan 120/30 rpm turun menjadi 74,8 NTU. Hal ini dikarenakan pemberian dosis koagulan sangat berpengaruh terhadap penyisihan turbiditas air limbah serta dalam pengadukan cepat yang menyebabkan dosis menyebar merata. Dengan menambahkan dosis dan variasi pengadukan cepat yang tepat maka penyisihan turbiditas sampel akan semakin bagus (Firmansyah, 2022).

Kenaikan konsentrasi tingkat kekeruhan terjadi setelah ditambahkan dosis biokoagulan 1 g/L dan 1,25 g/L. Pada kecepatan 120/30 rpm dosis 1 g/L terjadi kenaikan menjadi 85 g/L dan pada kecepatan 150/30 rpm dosis 1 g/L menjadi 82,9 NTU. Sedangkan pada dosis 1,25 g/L dengan kecepatan 120/30 rpm mengalami kenaikan menjadi 90,1 NTU dan pada kecepatan 150/30 rpm naik menjadi 93 NTU, hal ini terjadi karena biokoagulan tidak mampu menyatu dengan partikel koloid. Ketika koagulan berhasil menyatu dengan partikel koloid maka akan membesar dan mengendap.

Hal ini serupa dengan penelitian Aras dan Asriani, (2021) yang menyatakan bahwa terbentuknya flok dan endapan pada proses koagulasi diawali adanya interaksi antara koagulan cangkang telur yang bermuatan positif mengalami penyebaran merata pada air limbah dan berinteraksi dengan partikel koloid yang muatannya berlawanan. Interaksi tersebut yang menyebabkan partikel penyebab kekeruhan terganggu stabilitasnya.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Efektivitas Konsentrasi Turbiditas

Dari grafik pada Gambar 4.8 dapat dilihat kadar turbiditas tanpa penambahan koagulan dengan metode jar test hanya bisa menyisihkan 25,92% dan 23,48% untuk dosis 0 g/L. Dosis 0,75 g/L mengalami kenaikan yaitu 65,62% pada pengadukan 150/30 rpm, turbiditas juga mengalami kenaikan di pengadukan 120/30 rpm pada dosis 0,75 g/L dengan efektivitas 62,78%. Pada dosis 1,25 g/L di pengadukan 120/30 rpm dan 150/30 rpm mengalami penurunan efektivitas yaitu sebesar 55,17% dan 53,73%.

4.6 Pengaruh Dosis Biokoagulan Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan pada Nilai pH

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam mempengaruhi proses koagulasi. Menurut Solekha dkk (2020), kadar pH yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas di dalam suatu badan air. Tingkat derajat pH untuk menyatakan tingkat keasaman dan kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, secara umumnya nilai pH <7 menunjukkan tingkat keasaman, dan nilai pH >7 memiliki sifat basa, sedangkan jika memiliki nilai 7 maka nilai pHnya netral.

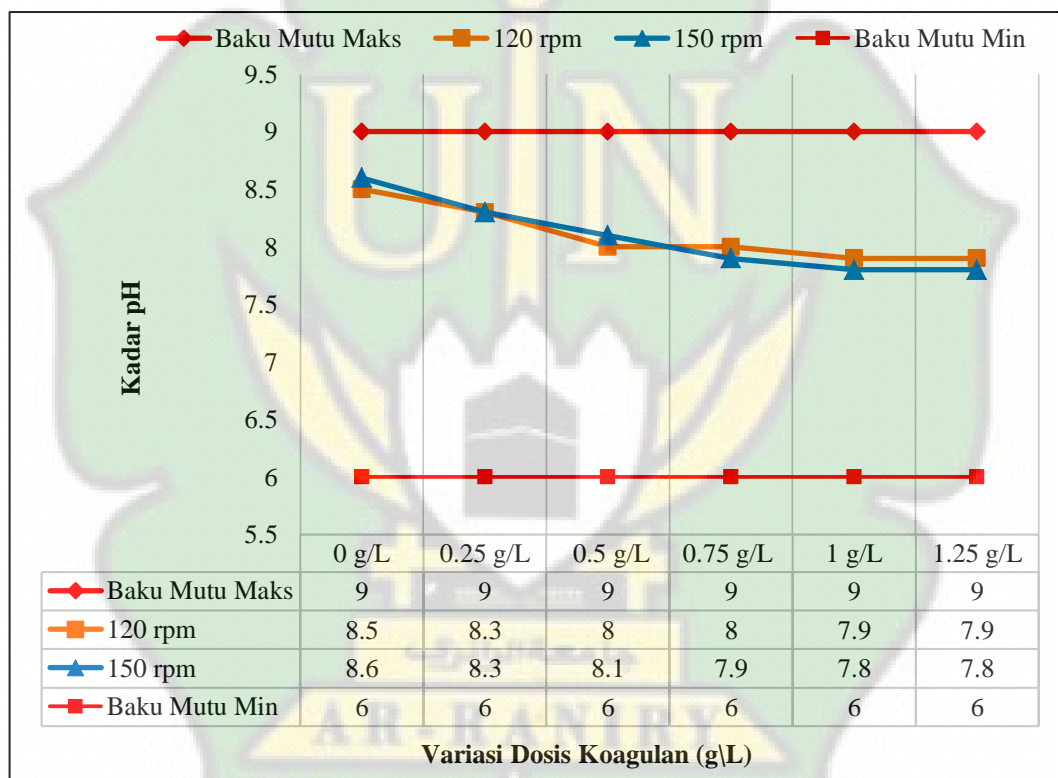
Nilai awal kadar pH air limbah domestik yaitu 8,8 yang bersifat basa, nilai awal tersebut sesuai dengan Permen LHK No 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yaitu 6-9 mg/L. Hasil uji parameter pH dapat dilihat pada Tabel 4.5. Kadar parameter pH setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti yang terdapat pada Tabel.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Parameter pH Dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Telur dan Kecepatan Pengadukan

No.	Variasi dosis koagulan	Variasi Pengadukan (rpm)	Baku Mutu (pH)	pH awal (pH)	pH akhir (pH)
1	0 g/L	120/30 rpm selama 2/30 menit	6-9	8.8	8,5
2	0,25 g/L				8,3
3	0,5 g/L				8
4	0,75 g/L				8
5	1 g/L				7,9
6	1,25 g/L				7,9
7	0 g/L	150/30 rpm selama 2/30 menit		8.8	8,6
8	0,25 g/L				8,3
9	0,5 g/L				8,1
10	0,75 g/L				7,9
11	1 g/L				7,8
12	1,25 g/L				7,8

Note: 120/30 rpm (120 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit), 150/30 rpm (150 rpm pengadukan cepat selama 2 menit dan dilanjutkan 30 rpm pengadukan lambat selama 30 menit)

Pada tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan perlakuan pada jartest dan sedimentasi nilai pH yaitu 8,6 dengan dosis 0 g/L pada kecepatan 150 rpm. Nilai akhir pH yang paling mendekati baku mutu terdapat pada dosis 1,25 g/L dengan nilai 7,8. Hal ini disebabkan oleh ion hidroksida pada air limbah bereaksi dengan gugus karboksil asam amino protein pada cangkang telur yang kemudian melepaskan ion H⁺ dalam suasana asam lemah (Hermida, 2021). Grafik pengaruh dosis koagulan serbuk cangkang telur terhadap perubahan nilai pH terdapat pada Gambar 4.9.



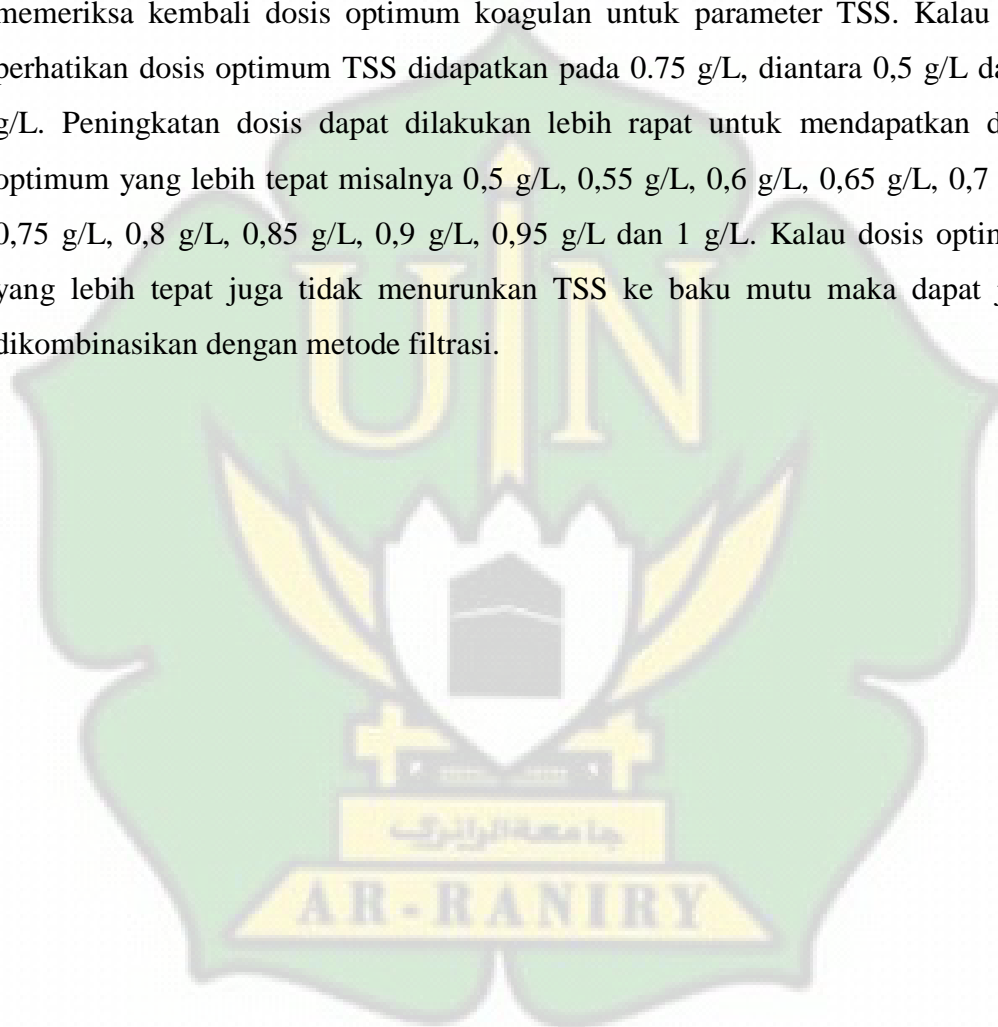
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Perubahan Kadar pH

Pada Gambar 4.9 bahwa seiring meningkatnya penambahan dosis biokoagulan serbuk cangkang telur, maka nilai pH mengalami penurunan hal ini disebabkan karena adanya proses oksidasi yang menyebabkan nilai pHnya turun. Semakin bertambahnya dosis koagulan, nilai pHnya menurun karena semakin banyak proses pemecahan senyawa kimia di dalam air sehingga ion-ion yang terionisasi akan semakin besar dan menyebabkan nilai pH-nya netral. Hal ini juga dijelaskan oleh hasil penelitian Katayon, dkk, (2004) bahwa penurunan nilai pH yang relatif kecil dikarenakan ion hidrogen dari asam lemah pada koagulan seimbang dengan ion hidroksida pada sampel. Nilai pH memberikan pengaruh yang besar terhadap makhluk hidup yang ada di perairan seperti biota air dan tumbuh-tumbuhan, maka dari itu nilai pH menjadi salah satu parameter yang penting untuk diukur, karena jika suatu perairan memiliki pH yang tinggi (basa) atau pH yang rendah (asam) akan mengganggu kehidupan makhluk hidup yang ada di dalam perairan.

Semakin tinggi kecepatan pengadukan, semakin baik proses koagulasi berlangsung. Hal ini disebabkan karena pengadukan membantu proses pencampuran koagulan kedalam air, proses destabilisasi partikel dan penggabungan presipitat yang terbentuk menjadi flok-flok sehingga semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka pembentukan flok akan semakin besar. Akan tetapi kecepatan pengadukan yang berlebihan maupun yang kurang dapat menurunkan efektivitas penyisihan padatan. Kecepatan pengadukan yang melebihi kecepatan pengadukan maksimum tidak lagi memperbesar ukuran flok, karena flok sudah berada pada kondisi jenuh. Penambahan kecepatan pengadukan akan menurunkan efektivitas koagulasi karena flok-flok akan terurai kembali menjadi partikel-partikel kecil yang sulit mengendap (Anggraini, dkk 2018).

4.7 Strategi Untuk Menurunkan TSS

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur dalam proses koagulasi dan flokulasi dapat menurunkan TSS namun belum mencapai baku mutu air limbah domestik. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk menurunkan TSS sampai ke baku mutu adalah dengan memeriksa kembali dosis optimum koagulan untuk parameter TSS. Kalau kita perhatikan dosis optimum TSS didapatkan pada 0.75 g/L, diantara 0,5 g/L dan 1 g/L. Peningkatan dosis dapat dilakukan lebih rapat untuk mendapatkan dosis optimum yang lebih tepat misalnya 0,5 g/L, 0,55 g/L, 0,6 g/L, 0,65 g/L, 0,7 g/L, 0,75 g/L, 0,8 g/L, 0,85 g/L, 0,9 g/L, 0,95 g/L dan 1 g/L. Kalau dosis optimum yang lebih tepat juga tidak menurunkan TSS ke baku mutu maka dapat juga dikombinasikan dengan metode filtrasi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Serbuk cangkang telur dapat digunakan dalam pengolahan air limbah domestik dan mampu menurunkan kadar pH, COD, TSS dan Turbiditas. Pada dosis terbaik 0,75 g/L efektivitas penurunan kadar TSS dan Turbiditas adalah 73,43% dan 65,62%, sedangkan kadar COD di dapatkan pada dosis 0,5 g/L dengan efektivitas 77,01%. Penyesuaian kadar pH menjadi 7,8 di dapatkan pada dosis terbaik 1 g/L dan 1,25 g/L.
2. Dari proses pengadukan cepat yang digunakan, variasi pengadukan 150 rpm lebih baik dibandingkan 120 rpm. Kadar TSS dan Turbiditas pada kecepatan 120 rpm dengan dosis terbaik 0,75 g/L di dapatkan hasil 42 mg/L dan 74,8 NTU, sedangkan pada kecepatan 150 rpm dengan dosis terbaik 0,75 g/L di dapatkan hasil 34 mg/L dan 69,1 NTU. Kadar COD pada kecepatan 120 rpm dengan dosis terbaik 0,5 g/L di dapatkan hasil 119 mg/L, sedangkan pada kecepatan 150 rpm dengan dosis terbaik 0,5 g/L di dapatkan hasil 97 mg/L. Penyesuaian nilai pH pada kecepatan 120 rpm dengan dosis 1 g/L dan 1,25 g/L di dapatkan hasil 7,9, sedangkan pada kecepatan 150 rpm dengan dosis 1 g/L dan 1,25 g/L di dapatkan hasil 7,8. Hasil parameter TSS belum memenuhi baku mutu dan untuk parameter COD sudah memenuhi baku mutu Permen LHK No P.68 Tahun 2016.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu disarankan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan riset penelitian ini adalah:

1. Dapat dilakukan variasi dosis yang lebih rapat untuk mendapatkan nilai dosis optimum yang lebih akurat pada air limbah domestik.

2. Dapat dilakukan variasi kecepatan pengadukan cepat untuk melihat pengaruhnya terhadap efektivitas penyisihan.
3. Dapat dilakukan ekstraksi pada cangkang telur dan juga bisa di kombinasi dengan metode filtrasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan dengan memanfaatkan bahan alami lainnya untuk mengolah air limbah domestik yang lebih efektif agar sesuai dengan baku mutu.



DAFTAR PUSTAKA

- Adelagun, R. O. A., Ngana, O. C., & Ezekiel, E. (2016). *EVALUATION OF EGG SHELL AS A COAGULANT AID IN DYE Evaluation of Egg – shell as Coagulant Aid for Dye Removal. 1(2)*, 591–594.
- Alfrida E. Suoth, E. N. (2016). Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (*Grey Water*) pada Salah Satu Perumahan Menengah ke Atas yang Berada diTangerang Selatan. *Jurnal Ecolab. 10 (2)*: 80–88.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Rahmatul, F. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan. 2 (1)*; 14-20.
- Anggraini, S., Pinem, J.A., Saputra, E. (2018). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Tekanan Pemompaan Pada Kombinasi Proses Koagulasi Dan Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jom Fteknik. 3 (1)*; 4-6.
- Aras, N. R., & Asriani, A. (2021). Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera L.*) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Cemaran Limbah Cair Industri Minuman Ringan. *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam, 10(1)*, 42. <https://doi.org/10.35580/sainsmat101261692021>.
- Azizah, M., & Humairoh, M. (2015). Analisis Kadar Amonia (NH₃) dalam Air Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva. 15 (1)*: 47-54.
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hurahaeen, A. A., dan Ritonga, M. Y.(2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU, 2(1)*.
- Baktiar, A. H., & Basith, A. (2020). Analisis Kandungan *Total Suspended Solid* (Tss) Menggunakan Citra Satelit Worldview 3 di Perairan Karimunjawa. *Jurnal Geodesi dan Geomtika. 3 (2)*: 112-118. ISSN 2621-9883.
- Bhernama, B.G., Erawati., & Yahya, H. (2022). Pengolahan Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) Menggunakan Cangkang Tiram (*Saccostrea echinata*) Sebagai Biokoagulan. *Jurnal Amina. 4 (1)*: 31-36.
- Bhernama, B. G. (2020). EKSTRAKSI GELATIN DARI TULANG IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*) DENGAN ASAM HCl. *Jurnal Sains Natural, 10(2)*, 43. <https://doi.org/10.31938/jsn.v10i2.282>.

- Bija, S., Yulma., Imra., Aldian., Maulana, A, & Rozi, A. (2022). Sintesis Biokoagulan Berbasis Kitosan Limbah Sisik Ikan Bandeng dan Aplikasinya terhadap Nilai BOD Dan COD Limbah Tahu di Kota Tarakan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 23(1): 86-92. ISSN: 2354-886X
- Coniwanti, P., Mertha, I., & Diana, E. (2013). Pengaruh Beberapa Jenis Koagulan terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dalam Tinjauannya terhadap Turbidity, TSS, dan COD. *Jurnal Teknik Kimia*. 3 (19): 22-30.
- Daroini, T.A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu Bangkalan. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 1 (4): (558-565). ISSN: 2723-7583.
- Fasihah, N.S., Maryani, Y., & Heriyanto, H. 2022. Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Adsorpsi Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8 (20): 129-139. ISSN: 2089-5364.
- Firmansyah, M. R., dan Sihombing, B. M. (2022). Demonstrasi Penyaringan Air Sederhana Di Dusun Tegalamba Desa Kedung Jaya, Cibuaya Karawang. Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian (KNPP), 5–9.
- Hak, A., Kurniasih, Y., dan Hatimah, H. (2018). Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleífera* , Lam) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry. *Jurnal Kependidikan Kimia*, 6(2).
- Hanifah, N.H., Hadisoebroto, G., Turyati., & Anggraeni, S.I. (2020). Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras dan Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* ABB) dalam Menurunkan Turbiditas, TDS, dan TSS dari Limbah Cair Industri Farmasi. *Journal al-Kimiya*. 7 (2): 35-46.
- Harahap, S. R. (2018). Beban Pencemaran Limbah Domestik Sungai Parit 13 Kecamatan Tembilahan Kabupaten Indragiri Hilir. *Prosiding Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan*, 325–333.
- Hendrawati, Delsy, S., & Nurhasni. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarin indica* L) dan Biji Kecapir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Jurnal Valensi*. 3 (1): 22-33. ISSN : 1978 – 8193
- Hermida, L., Agustian, J., dan Kurniasari, B. (2021). Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 2(2), 28–34

- Husnah. (2016). Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan pada Koagulasi Air Rawa. *Jurnal Redoks*, 1 (1): 58-64.
- Irsam, (2022). Pemanfaatan Biji Alpukat (*Persea americana* mill) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (Grey Water) Di Gampong Ateuk Pahlawan Kota Banda Aceh.
- Jiyah, Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2017). Studi distribusi total suspended solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Demak menggunakan citra landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41-47. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/15033>
- Jiyah., Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2016). Studi Distribusi Total Suspended Solid (Tss) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*. 6 (1): 41-47. (ISSN: 2337-845X).
- Jusoh, H. H. W., Kasan, N. A., Manan, H., Nasir, N. M., Yunos, F. H. M., Hamzah, S., & Jusoh, A. (2023). Chicken Eggshell as an Innovative Biofloculant in Harvesting Biofloc for Aquaculture Wastewater Treatment. *Journal of Renewable Materials*, 11(5), 2321-2332. <https://doi.org/10.32604/jrm.2023.026086>.
- Kartika, D., & Wahyuningsih, P. (2019). Analisis Kandungan Amoniak dalam Limbah Outlet KPPL PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 1 (2): 6-11. I SSN: 2716-1218.
- Katayon, S., Noor, M. M. M., Asma, M., Thamer, A. M., Abdullah, A. L., Idris, A., & Khor, B. C. (2004). Effects Of Storage Duration Aad Temperature of Moringa Oleifera Stock Solution on Its Performance in Coagulation. *International Journal of Engineering and Technology*, 1(2), 146-151.
- Lestari, P.Y., & Purnomo, Y.S. 2023. 25 Penurunan Kekeruhan dan TSS Air Sungai dengan Memanfaatkan Koagulan dari Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullaceae*). *Jurnal Enviro US*. 3 (2): 25-29. ISSN 2777-1040
- Lucio, D.S. Villareal *et al.* (2018). Effect of nano CaCO₃ Particles from eggshell on mechanical and thermal properties in eggshell composites. *Journal of Engineering Technology*. 6 (2): 456-468.
- Marwanto, A., & Mulyati, S. (2022). Effect of Variations of Chicken Eggs Biocoagulant Variations on Decreasing Few Water Parameters. *Journal of Nursing and Public Health*, 10(2), 178-183.
- Maharani, V., Kuntjoro, S., & Indah, N.K. (2018). Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben Logam Berat Kadmium (Cd) pada

- Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo. *Jurnal Lentera Bio*. 7 (1): 39-44. ISSN: 2252-3979
- Mariyana., Joko, T., & Nurjazuli. (2015). Efektivitas Kaporit dalam Menurunkan Kadar Amoniak dan Bakteri Koliform dari Limbah Cair RSUD. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 3 (1): 533-539. ISSN: 2356-3346.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi., D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*. 5 (2): 26-33. ISSN: 2614-4042.
- Marwanto, A., & Mulyati, S. (2022). Pengaruh Variasi Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Terhadap Penurunan Parameter FE Air Sumur Gali. *Journal of Nursing and Public Health*. 10 (2): 178-180.
- Mulyana, Y., Purnaini, R., & Sitorus, B. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang (Water Reuse). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 1 (1):1-10.
- Nafisah, A. (2020). “Degradasi Kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit”. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Nasihah, M., Saraswati, A. A., & Najah, S. (2018). Uji Pengolahan Limbah Cair Domestik Melalui Metode Koagulasi-Flokulasi dan Fitoremediasi dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal EnviScience*. 2 (2): 76-78.
- Nuryani. (2016). Optimalisasi Penggunaan Poly Alumunium Chloride dan Aquaklir Pada Proses Koagulasi dan Flokulasi dalam Pengolahan Air Limbah Penambangan di Pt Cibaliung Sumber daya, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. 24–43. Skripsi.
- Ovuoraye, P.E., Ugonabo, V.I., Okpala, L.C., & Nwokocha, G.F. (2021). Efficacy Study of Eggshell (ESC) and Alum Base Coagulant (ABC) for the removal of *Total Suspended Solids* (TSS) from Cosmetics Wastewater by Coag-flocculation. *Science gate*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-206327/v1
- Putri, K. A., & Samsunar, S. (2020). Penentuan Kadar Amonia (NH₃), Sulfur Dioksida (SO₂) dan Total Suspended Particulate (TSP) pada Udara Ambien di Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sukoharjo. *Journal of Chemical Research*. 5 (2): 69-79. ISSN:2614-5081. DOI: 10.20885/ijcer.vol5.iss2.art4.

- Takdir Rahmadi. (2014). Hukum Lingkungan di Indonesia. *Rajagrafika:Jakarta*.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2016). Pengolahan limbah deterjen dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kapur dan PAC. *Konversi*, 5(2), 52-59
- Rahman, I. (2022). Pemanfaatan Biji Alpukat (*Persea americana* mill) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) di Gampong Ateuk Pahlawan Kota Banda Aceh. (Skripsi: Fakultas Teknik Lingkungan. Universitas Islam Ar Raniry Banda Aceh).
- Randy, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Journal of Chemical Research*. 6 (2): 12-22.
- Ramayana. "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Menjadi Kitin Sebagai Biokoagulan Air Sungai". *Skripsi*. (Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, 2016).
- Rayma, S.D. (2020). Dampak Limbah Domestik Terhadap Kondisi Lingkungan. (Skripsi: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta).
- Rumbiono, Y., & Abigail, K. (2020). Penentuan Laju Pengendapan Partikel Di Kolam Penampungan Air Hasil Pencucian Biji Mangan. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*. 14 (1): 55-56.
- SNI. (2000). Standar Nasional Indonesia Metode pengujian koagulasi-flokulasi dengan cara jar. 1-7.
- SNI 06-6989.11. (2004). Air dan Air Limbah - Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Alat pH Meter. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-6989.25. (2005). Air dan Air Limbah - Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan Dengan Nefelometer. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 19.6449. (2000). Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi Dengan Cara Jar. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 6989.59. (2008). Air dan Air Limbah-Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Badan Standarisasi Nasional.

- SNI 6989.72. (2009). Air dan Air Limbah-Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/ BOD*). Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 6989.73. (2009). Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/ COD*) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. Badan Standarisasi Nasional
- SNI.6989.10. (2004). Air dan Air Limbah - Bagian 10: Cara Uji Minyak dan Lemak Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional.
- Solekha, R., Susanto, F. A., Joko, T., Nuringtyas, T. R., & Purwestri, Y. A. (2020). Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) Contributes To The Resistance Of Black Rice Against *Xanthomonas Oryzae* Pv. *Oryzae*. *Journal Of Plant Pathology*, 102(2), 359-365.
- Sriwahyuni, D. (2020). Penggunaan Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) Sebagai Biokuagulan Pada Pengolahan Limbah Domestik (Grey Water). Skripsi. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Suherman. (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.
- Sunarsih, E. (2014). Konsep Pengolahan Limbah Rumah Tangga Dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 5 (1): 162-167.
- Susanawati. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair *Grey water* untuk Hidroponik Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*). *Jurnal sumber daya alam Lingkungan*. 3 (2): 14–20. ISSN: 2655-9676.
- Suseno, H.P., & Kristiyana, S. (2021). Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Dan Cod pada Limbah Cair Secara Elektroflokulasi. *Jurnal Elektrikal*. 8 (2): 10–16.
- Sutapa, I. D. A. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (Pac) Dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.78>

- T. Yuwanta. 2010. *Telur dan Kualitas Telur*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tarigan, L. R. W. B. (2019). Uji Coliform dan Resistensi *Escherichia coli* terhadap Beberapa Antibiotik pada Sampel Air Sungai Sekanak di Kota Palembang. *Jurnal seminar Nasional Hari Air Sedunia*. 2 (1):104-114. ISSN: 2621-7469
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia pada Sistem Budidaya Ikan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 5 (2): 112-125. ISSN: 2548-1398.
- Widarta, I. wayan R. (2018). Teknologi Telur. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Yuliani, R., & Imaningsih, W. (2020). Perbandingan Kualitas Air Di Pulau Jawa Dan Kalimantan (Review Jurnal) Comparison of Water Quality on Java and Kalimantan Island (Journal Review). *Journal of Pharmacy*, 9(1), 36–50.
- Yulis, P. A. (2018). Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI). *Jurnal Pendidikan Kimia*. 2 (1): 28-37.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

1. Perhitungan Nilai TSS

a. Parameter TSS 120/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1933 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 99$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1904 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 70$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1880 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 46$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1876 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 42$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1885 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 51$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1891 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 57$$

b. Parameter TSS 150/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1931 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 97$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1900 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 66$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1874 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 40$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1868 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 34$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1882 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 48$$

- Dosis koagulan 1.25 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1893 - 0,1834) \times 1000}{0,1} \right) = 59$$

2. Nilai efektivitas penurunan TSS

a. Parameter TSS 120/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-99) \times 100}{128} \right) = 22,65\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-70) \times 100}{128} \right) = 45,31\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-46) \times 100}{128} \right) = 64,06\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

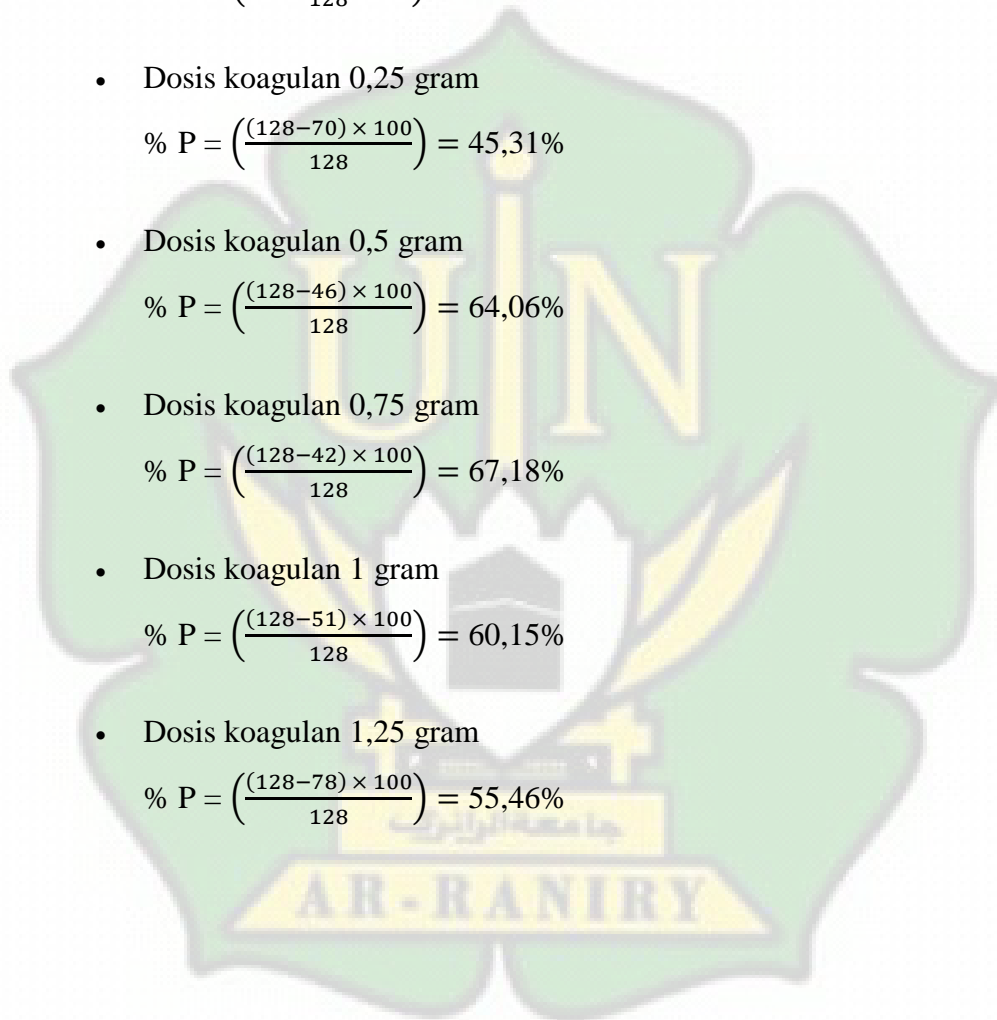
$$\% P = \left(\frac{(128-42) \times 100}{128} \right) = 67,18\%$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-51) \times 100}{128} \right) = 60,15\%$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-78) \times 100}{128} \right) = 55,46\%$$



b. Parameter TSS 150/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-97) \times 100}{128} \right) = 24,21\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-66) \times 100}{128} \right) = 48,43\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-40) \times 100}{128} \right) = 68,75\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

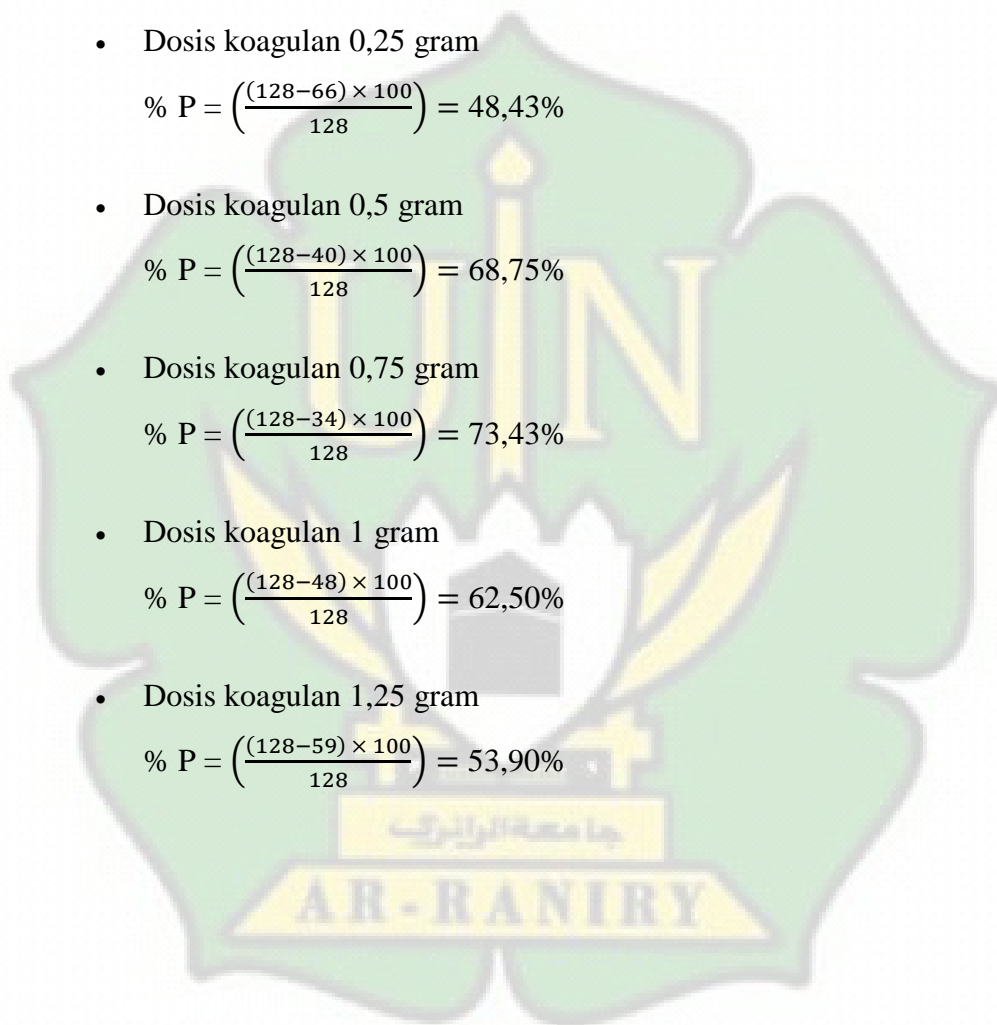
$$\% P = \left(\frac{(128-34) \times 100}{128} \right) = 73,43\%$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-48) \times 100}{128} \right) = 62,50\%$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(128-59) \times 100}{128} \right) = 53,90\%$$



3. Nilai efektivitas penurunan turbiditas

a. Parameter Turbiditas 120/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-148,9) \times 100}{201} \right) = 25,92\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-99,8) \times 100}{201} \right) = 50,34\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-93,1) \times 100}{201} \right) = 53,68\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

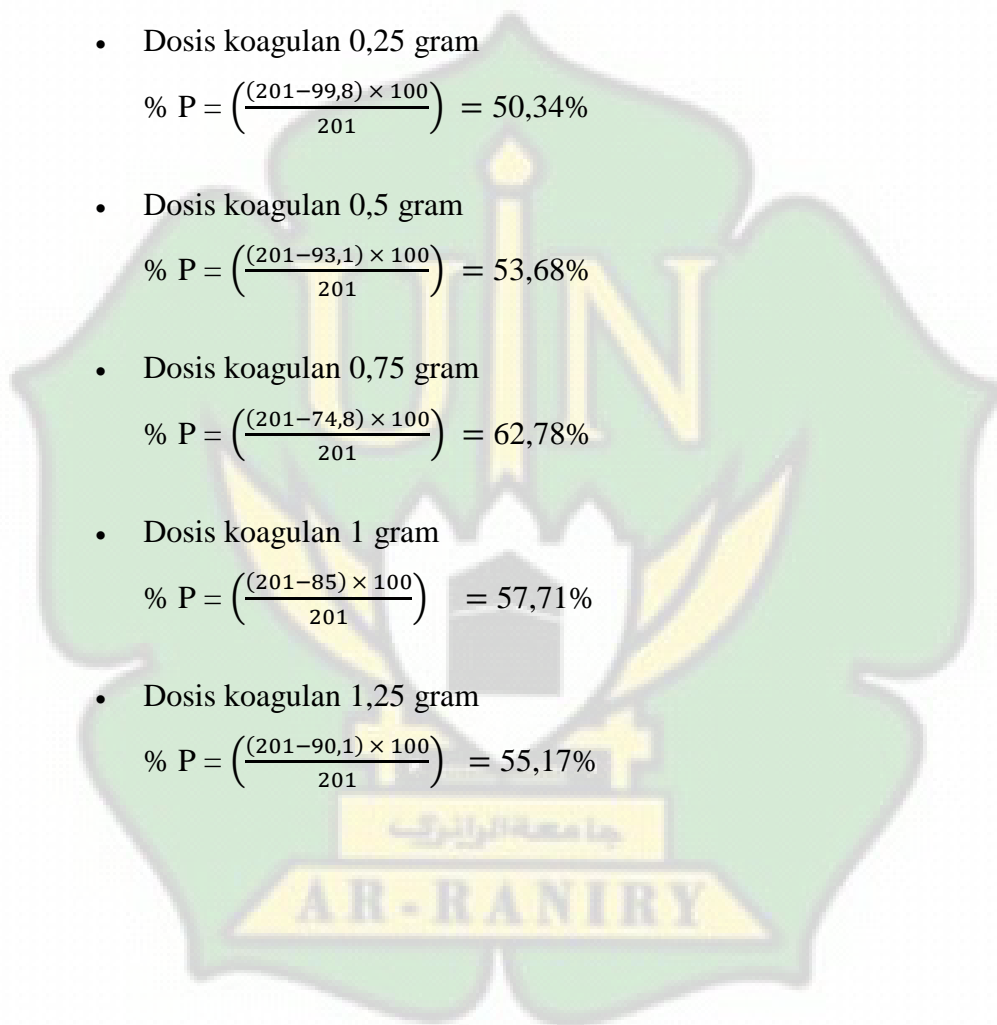
$$\% P = \left(\frac{(201-74,8) \times 100}{201} \right) = 62,78\%$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-85) \times 100}{201} \right) = 57,71\%$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-90,1) \times 100}{201} \right) = 55,17\%$$



b. Parameter Turbiditas 150/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-153,8) \times 100}{201} \right) = 23,48\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-87,6) \times 100}{201} \right) = 56,41\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-82) \times 100}{201} \right) = 59,20\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

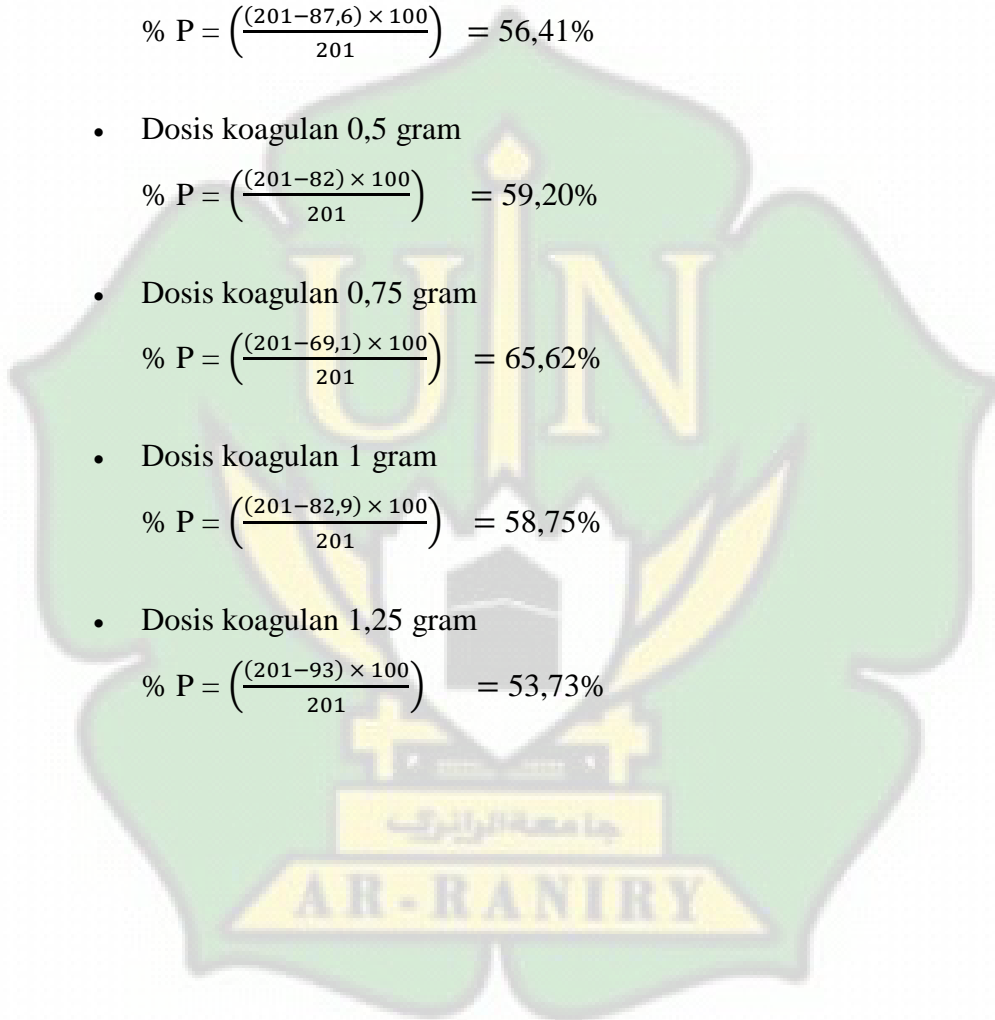
$$\% P = \left(\frac{(201-69,1) \times 100}{201} \right) = 65,62\%$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-82,9) \times 100}{201} \right) = 58,75\%$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(201-93) \times 100}{201} \right) = 53,73\%$$



4. Nilai efektivitas penurunan COD

a. Parameter COD 120/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-292) \times 100}{422} \right) = 30,80\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-167) \times 100}{422} \right) = 60,42\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-119) \times 100}{422} \right) = 71,80\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

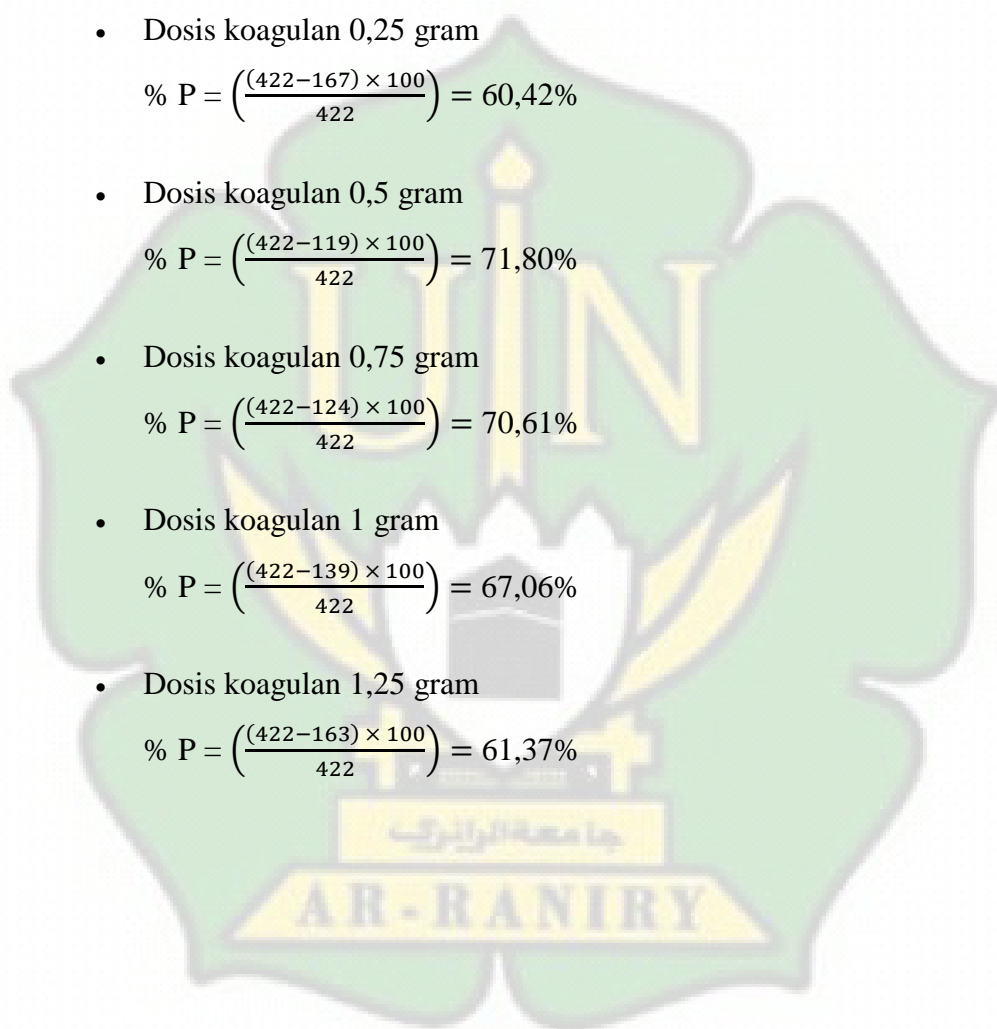
$$\% P = \left(\frac{(422-124) \times 100}{422} \right) = 70,61\%$$

- Dosis koagulan 1 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-139) \times 100}{422} \right) = 67,06\%$$

- Dosis koagulan 1,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-163) \times 100}{422} \right) = 61,37\%$$



b. Parameter COD 150/30 rpm

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-301) \times 100}{422} \right) = 28,67\%$$

- Dosis koagulan 0,25 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-156) \times 100}{422} \right) = 63,03\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{(422-97) \times 100}{422} \right) = 77,01\%$$

- Dosis koagulan 0,75 gram

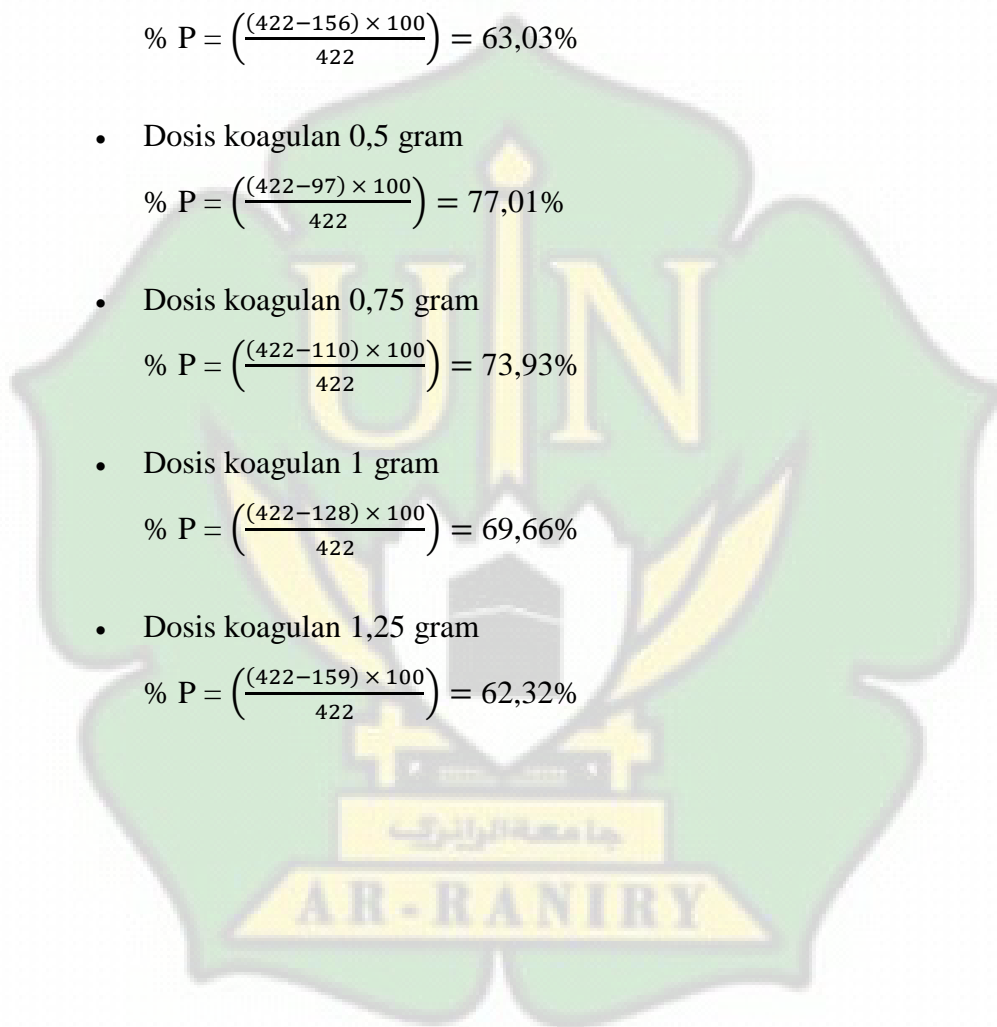
$$\% P = \left(\frac{(422-110) \times 100}{422} \right) = 73,93\%$$

- Dosis koagulan 1 gram




$$\% P = \left(\frac{(422-128) \times 100}{422} \right) = 69,66\%$$





- Dosis koagulan 1,25 gram





$$\% P = \left(\frac{(422-159) \times 100}{422} \right) = 62,32\%$$










LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN

No.	Keterangan	Gambar
1	Cangkang Telur	
2	Pembersihan Cangkang Telur	
3	Penjemuran Cangkang Telur	
4	Cangkang telur di oven dengan suhu 105° selama 60 menit	

5	Cangkang telur setelah dioven	
6	Cangkang telur dihaluskan menggunakan <i>blender</i>	
7	Pengayakan serbuk cangkang telur menggunakan ayakan 100 mesh	
8	Hasil pengayakan cangkang telur	

9	Proses penimbangan dosis koagulan	
10	Hasil penimbangan dosis koagulan	
11	Lokasi air limbah domestik di gampong punge blang cut	
12	Pengambilan sampel air limbah domestik di gampong punge blang cut	

13	Pemberian dosis cangkang telur pada air limbah domestik	
14	Proses pengadukan cepat dan lambat	
15	Proses pengendapan sampel selama 60 menit	
16	Hasil sedimentasi	

20	Proses pengujian pH	
19	Proses pengujian COD	
17	Proses pengujian TSS	
18	Proses pengujian turbiditas	